


Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
 Г.В.Сакаш  
подпись      инициалы, фамилия  
« 21 » 06 2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01.00.05 Теплогазоснабжение и вентиляция

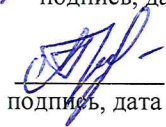
Отопление кафе в г.Красноярск

Руководитель

 В.К.Шмидт  
подпись, дата      должность, ученая степень

В.К.Шмидт  
инициалы, фамилия

Выпускник

 А.С.Троева  
подпись, дата

А.С.Троева  
инициалы, фамилия

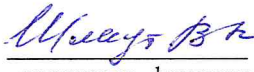
Красноярск 2017

Продолжение титульного листа МД/ДП/ ДР/БР по теме «Отопление  
кафе в г.Красноярск»


Консультанты по  
разделам:

ТВИС  
наименование раздела

 21.08.17  
подпись, дата

  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 21.08.17  
подпись, дата

В.К.Шмидт  
инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Г.В.Сакаш  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01.00.05 Теплогазоснабжение и вентиляция

Отопление кафе в г.Красноярск

Руководитель

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

К.Т.Н.доцент

должность, ученая степень

В.К.Шмидт

инициалы, фамилия

Выпускник

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

А.С.Троева

инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Продолжение титульного листа МД/ДП/ ДР/БР по теме «Отопление  
кафе в г.Красноярск»

Консультанты по  
разделам:

ТВИС  
наименование раздела

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

В.К.Шмидт  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

В.К.Шмидт  
инициалы, фамилия

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Реферат.....	4
1 Обзор принципиального решения.....	6
2 Исходные данные по объекту проектирования.....	13
2.1 Характеристика строительной части объекта.....	13
2.2 Расчетные параметры наружного воздуха.....	11
2.3 Расчетные параметры внутреннего воздуха.....	12
3 Тепловой режим помещений.....	15
3.1 Теплотехнический расчет.....	14
3.2 Определение тепловых потерь.....	20
3.3 Тепловой баланс помещений.....	25
4 Принципиальное решение.....	26
5 Расчет и подбор отопительных приборов.....	27
6 Гидравлический расчет.....	29
7 Индивидуальный тепловой пункт.....	32
8 Технология возведения инженерных систем.....	36
Заключение.....	42
Список использованных источников.....	43
Приложения.....	44

## **ВВЕДЕНИЕ**

Внешняя среда представляет собой решающий фактор, воздействующий на состояние здоровья, поведение, работоспособность человека. Еще с давних времен люди научились не только приспосабливаться к внешней среде, но и изменять ее в нужном для себя направлении. Одной из форм видоизменения среды в соответствии с потребностями человеческого организма являются здания. В них архитектурными объемно — пространственными и строительными решениями, применением искусственных способов климатизации помещений, отопления и вентиляции создаются условия для нормальной жизнедеятельности человека. К таким условиям относятся соблюдение теплового баланса между человеком и окружающей его средой и поддержание определенного теплового состояния тела.

Основной задачей систем отопления, вентиляции воздуха является обеспечение комфортных условий труда с целью сохранения здоровья людей. Успешное решение санитарно-технических задач может быть достигнуто за счет эффективной работы проектируемых систем. Эффективность систем вентиляции, отопления, их технико-экономические характеристики зависят не только от правильно проведенных расчетов, но и от их качественного монтажа, наладки и эксплуатации.

Большое внимание уделяется охране окружающей среды, а именно защите воздуха от вредных выбросов, защите почвы и воды, снижению потребления энергии системами обеспечения климата в помещениях, повышению их эффективности, проблемам регулирования, оптимизации и надежности этих систем.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Отопление кафе в г.Красноярск» содержит 38 страниц текстового документа, 3 приложения, 10 использованных источников и 4 листа графического материала.

Работа выполнена согласно всем нормам и требованиям, что создает возможность нормальной жизнедеятельности людей. Целью ВКР является проектирование системы отопления кафе в городе Красноярск. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Выполнить теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций;
2. Выполнить расчет тепловых потерь помещений;
3. Выполнить гидравлический расчет;
4. Подобрать отопительные приборы;

## 1 Обзор принципиальных решений

Отопление помещений может быть конвективными и лучистыми. К конвективному относят отопление, при котором температура воздуха поддерживается на более высоком уровне, чем радиационная температура помещения, понимая под радиационной усредненную температуру поверхностей, обращенных в помещение, вычисленную относительно человека, находящегося в середине помещения. Это широко распространенный способ отопления.

Лучистым считают отопление, при котором радиационная температура помещения превышает температуру воздуха. Лучистое отопление при несколько пониженной температуре воздуха более благоприятно для самочувствия людей в помещениях.

Конвективное и лучистое отопление помещений осуществляется специальной технической установкой, называемой системой отопления. Системы отопления – это комплекс элементов, предназначенных для получения, переноса и передачи во все обогреваемые помещения количества теплоты, необходимого для поддержания температуры на заданном уровне [5].

Система отопления включает в себя три основных элемента: 1 – теплоисточник (теплообменник при централизованном теплоснабжении) – элемент для получения теплоты; 2 – теплопроводы – элемент для переноса теплоты от теплоисточника к отопительным приборам; 3 – отопительные приборы – элемент для теплопередачи в помещения.

Система отопления для выполнения возложенной на нее задачи должна обладать определенной тепловой мощностью. Расчетная тепловая мощность системы выявляется в результате составления теплового баланса в обогреваемых помещениях при температуре наружного воздуха, называемой расчетной. Расчетная тепловая мощность в течение отопительного сезона должна использоваться частично в зависимости от



изменения теплотерь помещений при текущем значении температуры наружного воздуха и только при расчетной – полностью [6].

Текущие теплотраты на отопление имеют место в течение почти всего времени отопительного сезона, поэтому теплотеренос к отопительным приборам должен изменяться в широких пределах. Это можно достичь путем изменения температуры и количества перемещающегося в системе отопления теплоносителя. Регулироваться должны также траты на топлива в теплоисточнике.

К системе отопления предъявляются разнообразные требования. Все требования можно разделить на пять групп:

1 - санитарно-гигиенические - поддержание заданной температуры воздуха и внутренней поверхности ограждений во времени, в плане и по высоте помещений при допустимой подвижности воздуха; ограничение температуры поверхности отопительных приборов;

2 - экономические - невысокие капитальные вложения с минимальным расходом металла; экономный расход тепловой энергии при эксплуатации;

3 - архитектурно-строительные - соответствие интерьеру помещений, компактность, увязка со строительными конструкциями; согласование со сроком строительства зданий;

4 - производственно-монтажные - минимальное число унифицированных узлов и деталей, механизация их изготовления; сокращение трудовых трат при монтаже;

5 - эксплуатационные - эффективность действия в течение всего периода работы, связанная с надежностью и техническим совершенством системы.

Деление требований на пять групп условно, так как в них входят требования, относящиеся как к периоду проектирования и строительства, так и эксплуатации зданий.

Наиболее важны санитарно-гигиенические и эксплуатационные требования, которые обуславливаются необходимостью поддерживать заданную температуру в помещениях в течение отопительного сезона и всего срока службы системы [5].

#### Основные виды систем отопления

Системы отопления по расположению основных элементов подразделяются на местные и центральные.

В местных системах для отопления одного помещения все три основных элемента конструктивно объединяются в одной установке, непосредственно в которой происходят получение, перенос и теплопередача в помещение. Теплопереносная рабочая среда нагревается горячей водой, паром, электричеством или при сжигании какого-либо топлива.

Примером местной системы отопления является газоздушный отопительный агрегат. Тепловая энергия, получаемая при сжигании газообразного топлива в горелке, передается в поверхностном теплообменнике теплоносителю воздуху, нагнетаемому вентилятором. Горячий воздух по теплопроводам - каналам (путь указан на рисунке стрелками) выпускается в помещение после очистки в фильтре. Охладившиеся продукты сгорания газа удаляются (пунктирные стрелки) через дымоход в атмосферу.

В местной системе отопления с использованием электрической энергии теплопередача может осуществляться с помощью жидкого или газообразного теплоносителя либо без него непосредственно через твердую среду.

Центральными называются системы, предназначенные для отопления группы помещений из одного теплового центра. В тепловом центре находятся теплообменники или теплогенераторы (котлы). Они могут размещаться в обогреваемом здании (в местном тепловом пункте или

котельной), а также вне здания - в центральном тепловом пункте (ЦТП), на тепловой станции (отдельно стоящей котельной) или ТЭЦ.

Теплопроводы центральных систем подразделяют на магистрали (подающие, по которым подается теплоноситель, и обратные, по которым охладившийся теплоноситель отводится), стояки (вертикальные трубы или каналы) и ветви (горизонтальные трубы или каналы), связывающие магистрали с подводками к отопительным приборам (с ответвлениями к помещениям при теплоносителе воздухе).

Примером центральной системы является система отопления зданий с собственной котельной.

В настоящее время в стране применяют главным образом центральные системы водяного и парового отопления, местные и центральные системы воздушного отопления, а также печное отопление. Приведем общую характеристику этих систем (кроме печного отопления) с детальной классификацией на основании рассмотренных свойств теплоносителей.

При водяном отоплении циркулирующая нагретая вода охлаждается в отопительных приборах и возвращается в тепловой центр для последующего нагревания.

Системы водяного отопления по способу создания циркуляции воды разделяются на системы с естественной циркуляцией (гравитационные) и с механическим побуждением циркуляции воды при помощи насосов (насосные).

В гравитационной (лат. *gravitas* — тяжесть) системе используется свойство воды изменять свою плотность при различной температуре. В замкнутой вертикальной системе с неравномерным распределением плотности под действием гравитационного поля Земли возникает естественное движение воды.

В насосной системе используется насос с механическим приводом для повышения разности давления, вызывающей циркуляцию, и в системе создается вынужденное движение воды.

По положению труб, объединяющих отопительные приборы по вертикали или горизонтали, системы делятся на вертикальные и горизонтальные.

В зависимости от схемы соединения труб с отопительными приборами бывают системы однотрубные и двухтрубные. В каждом стояке или ветви однотрубной системы приборы соединяются одной трубой, и вода протекает последовательно через все приборы.

В двухтрубной системе приборы отдельно присоединяются к двум трубам - подающей и обратной, и вода протекает через каждый прибор независимо от других приборов [7].

При паровом отоплении в приборах выделяется теплота фазового превращения в результате конденсации пара. Конденсат удаляется из приборов и возвращается в паровые котлы.

Системы парового отопления по способу возвращения конденсата в паровые котлы разделяются на замкнутые с самотечным возвращением конденсата и разомкнутые с перекачкой конденсата насосами. В замкнутой системе конденсат непрерывно поступает в котлы под действием разности давления. Отопительные прибор должны находиться достаточно высоко над паросборниками котлов (в зависимости от давления пара в них).

В разомкнутой системе парового отопления конденсат из отопительных приборов непрерывно поступает в конденсатный бак и по мере накопления периодически перекачивается конденсатным насосом в котлы на тепловой станции. В такой системе расположение бака должно обеспечивать стекание конденсата из нижнего отопительного прибора в бак, а давление пара в котлах преодолевается давлением насоса.

Теплопроводы систем парового отопления делятся на паропроводы, по которым пар перемещается от теплового центра до отопительных

приборов, и конденсатопроводы для отвода конденсата. По паропроводам пар перемещается под давлением в паросборниках котлов или в коллекторах к отопительным приборам.

Конденсатопроводы могут быть самотечными и напорными. Самотечные трубы прокладывают ниже отопительных приборов с уклоном в сторону движения конденсата. В напорных трубах конденсат перемещается под действием разности давления, создаваемой насосом или остаточным давлением пара в приборах.

Системы воздушного отопления по способу создания циркуляции воздуха разделяются на системы с естественной циркуляцией (гравитационные) и с механическим побуждением движения воздуха с помощью вентилятора.

В гравитационной системе используется различие в плотности нагретого и окружающего воздуха. Как и в водяной вертикальной гравитационной системе, при различной плотности воздуха в вертикальных частях возникает, естественное движение воздуха в системе. При применении вентилятора в системе создается вынужденное движение воздуха.

Воздух, используемый в системах отопления, нагревается до температуры, обычно не превышающей 60°C, в специальных теплообменниках - калориферах. Калориферы могут обогреваться паром, водой, электричеством или горячими газами; система воздушного отопления соответственно называется водовоздушной, паровоздушной, электровоздушной, газовоздушной.

Воздушное отопление может быть местным и центральным. В местной системе воздух нагревается в отопительной установке с теплообменником (калорифером или другим отопительным прибором), находящимся в обогреваемом помещении. В центральной системе теплообменник (калорифер) размещается в отдельной камере - тепловом центре. Воздух подводится к калориферу по обратным воздуховодам

(рециркулирует), горячий воздух перемещается вентилятором в помещения по подающим воздуховодам.

### Теплопроводы систем отопления

Трубопроводы систем внутреннего теплоснабжения следует предусматривать из стальных, медных, латунных, полимерных (в том числе металлополимерных) труб, разрешенных к применению в строительстве. В системах с полимерными трубами рекомендуется применять, как правило, соединительные детали и изделия одного производителя. Трубопроводы из полимерных труб следует выбирать с учетом изменяющихся в течение отопительного периода параметров теплоносителя (температуры, давления) и соответствующего им срока службы согласно ГОСТ Р 52134. В зданиях высотой более 25 м в системах отопления с трубопроводами из стальных, медных и латунных труб для компенсации тепловых удлинений на стояках следует предусматривать сильфонные компенсаторы с многослойными сильфонами, оснащенными стабилизаторами. Применение однослойных сильфонов не допускается.

Уклоны трубопроводов воды, пара и конденсата следует принимать не менее 0,002, а уклон паропроводов против движения пара - не менее 0,006. Трубопроводы воды допускается прокладывать без уклона при скорости движения воды в них 0,25 м/с и более. В горизонтальных поквартирных системах отопления допускается прокладка трубопроводов без уклона[3].

В данной работе трубопроводы отопления спроектированы полипропиленовые.

Основные технические преимущества труб из данного материала:

1. Долговечность. Срок службы материала достигает в среднем одного поколения - порядка 50 лет.
2. Универсальность. Возможно применять как для наружного, так и внутреннего использования. В отличие от ближайшего

конкурента, металлопластиковых труб отопления, имеют хорошую защищенность от тепловой потери. Плюс ко всему полипропиленовые трубопроводы являются абсолютно чистыми с точки зрения экологической составляющей и не требуют покраски.

3. Монтаж. Полипропилен сам по себе является достаточно легким, поэтому продукция, произведенная из него, аналогична по весовым качествам. Напрашивается вывод: транспортировка полипропиленовых труб на порядок проще только лишь за счет веса. Соответственно, монтажные работы также существенно упрощаются и ускоряются, а время в наши дни имеет огромное значение.

4. Благодаря гладкой поверхности внутреннего отсека, для материала нехарактерны известковые отложения и налеты различного характера, поэтому вода в таких каналах всегда чистая, вне зависимости от времени года и продолжительности эксплуатации.

5. Шумоизоляция. Прекрасная шумоизоляция - это пусть и не столь весомый и существенный плюс, на который стоит обращать внимание, но все же наиболее оптимальными в данном отношении выглядят металлопластик и собственно полипропилен.

6. Безопасность. Полипропилен и металлопластик не проводят электрический ток, тем самым обеспечивая потребителя необходимой безопасностью от несчастных случаев.

## 2 Исходные данные по объекту строительства

### 2.1 Характеристика строительной части объекта

1. Район строительства – г.Красноярск;
2. Назначение объекта – общественное здание, все помещения эксплуатируются каждый год;
3. Высота здания  $H=12,6\text{м}$ ;
4. Ориентация главного фасада – Ю;
5. Расчетная географическая широта – 56 с.ш.;
6. Средняя температура отопительного периода  $t_{\text{пер}}=-7,1^{\circ}\text{C}$ ;
7. Продолжительность отопительного периода  $n - 232$  сут.;
8. Основные характеристики элементов здания:
  - перекрытие – ж/б плита, утеплитель «Роквул», цементно- песчаный раствор;
  - наружная стена – воздушная вентилируемая прослойка, утеплитель «Роквул», кирпичная кладка цементно – песчаный раствор М50;
  - полы по грунту – бетон класса 15 с покрытием наливной пол «Декор – П», подстилающий слой бетона кл. В – 22,5, армированный сеткой;
  - кровля – ж/б плита;
  - световые проёмы – двойной стеклопакет;
9. Источник теплоснабжения – индивидуальный тепловой пункт;
10. Параметры теплоносителя в системе отопления – вода с параметрами 90-70°C.

### 2.2 Расчетные параметры наружного воздуха

Расчетные параметры наружного воздуха принимаются для теплого периода параметры – А, для холодного – Б, согласно [2]. В переходный период года температура наружного воздуха принимается  $+8^{\circ}\text{C}$ , энтальпия  $+22,5$  кДж/кг.



Проектирование систем отопления и вентиляции, выполняющей функции отопления принимаются параметры Б, а для систем общеобменной вентиляции параметры А.

Таблица 2.1 - Расчетные параметры наружного воздуха

Период года	Параметры	Температура $t_n, ^\circ\text{C}$	Удельная энтальпия $J_n$ , кДж/кг	Среднесут. амплитуда колебаний	Скорость воздуха $V$ , м/с
Теплый	А	27	52,6	12	1
Холодный	Б	-37	-41		1

### 2.3 Расчетные параметры внутреннего воздуха

Выбор расчетных параметров внутреннего воздуха регламентирует [2].

Таблица 2.2. Расчетные параметры внутреннего воздуха

Период года	Температура, $^\circ\text{C}$	Относительная влажность, %	Подвижность воздуха, м/с
Теплый	25	65	0,25
Холодный	16	60	0,3

Параметры воздуха принимаем по [3] (приложение В, таблица В1) для общественных и административных зданий.

### 3 Тепловой режим помещений

#### 3.1 Теплотехнический расчет

Теплотехнический расчет ведется в соответствии с [1].

Ограждающие конструкции здания должны иметь регламентируемые нормами сопротивления теплопередаче  $R_0$ . Величина  $R_0$  определяется толщиной принятого в конструкции ограждения теплоизоляционного слоя, выбор которой и определение коэффициента теплопередачи  $K$  и является основной целью теплотехнического расчета.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства устанавливаем по – А, основываясь на них, определим расчетные коэффициенты теплопроводности строительных материалов.

Потери теплоты через ограждающие конструкции начинают определять после расчета ГСОП.

Приведенное сопротивление теплопередачи  $R_0$  должно быть не меньше требуемых значений (3.1):

$$R_0 \geq R^{TP}, \quad (3.1)$$

где  $R_0$  – приведенное сопротивление теплопередачи;

$R^{TP}$  - требуемое сопротивление теплопередачи по санитарно-гигиеническим условиям или по условиям энергосбережения (большее из названных) [1, табл. 3].

Расчету подлежат наружные стены, чердачное перекрытие, перекрытие над неотапливаемым подвалом, окна и входные наружные двери.

Ограждения рассчитываются в следующей последовательности.

Определяется требуемое сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций по санитарно-гигиеническим условиям за исключением световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей) по формуле (3.2):

$$R^{TP} = \frac{n \cdot (t_B - t_H)}{\alpha_B \cdot \Delta t^H}, \quad (3.2)$$

где  $t_B$  – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

$t_H$  – расчетная температура наружного воздуха, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92 по [2];

$n$  – поправочный коэффициент к расчетной разности температур, зависящий от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху [1];

$\alpha_B$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [1, табл. 4];

$\Delta t^H$  – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по [1].

По [1] находят требуемое сопротивление передаче ограждения по условиям энергосбережения  $R^{TP}$ , определяя градусосутки отопительного периода (ГСОП) по формуле (3.3):

$$ГСОП = (t_B - t_{OT}) \cdot Z, \quad (3.3)$$

где  $t_{OT}$  – средняя температура отопительного периода, °С;

$Z_{OT}$  – продолжительность отопительного периода, сут/год.

Выбирают расчетное значение  $R_0$ , большее из величин  $R^{TP}$ .

Рассчитывается минимальная толщина основного слоя наружных стен, а также толщина утеплителя для чердачных перекрытий и пола первого этажа.

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций определяется по формуле (3.4):

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + R_K + \frac{1}{\alpha_H} = R^{TP}, \quad (3.4)$$

где  $\alpha_B$  – коэффициент теплопередачи [1];

$\alpha_H$  – коэффициент теплопередачи для зимних условий наружной поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по [1];

$R_K$  – суммарное термическое сопротивление слоев ограждающей конструкции, определяемое для многослойной конструкции с последовательным расположенными однородными слоями по формуле (3.5):

$$R_K = R_1 + R_2 + \dots R_n, \quad (3.5)$$

где  $R_1, \dots, R_n$  – термическое сопротивление отдельных слоев ограждающей конструкции.

Величина одного слоя многослойной ограждающей конструкции определяется по формуле (3.6):

$$R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n}, \quad (3.6)$$

где  $\delta_n$  – толщина n-го слоя;

$\lambda_n$  – коэффициент теплопроводности n-го слоя, принимается по [1] с учетом условий эксплуатации ограждающей конструкции.

Определяется фактическое значение сопротивления теплопередаче ограждения (3.7):

$$R^{\phi} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_{yT}}{\lambda_{yT}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n}. \quad (3.7)$$

Расчет заканчивается определением коэффициентов теплопередачи для наружных стен, перекрытий, окон и дверей (2.9):

$$K = \frac{1}{R^{\phi}}. \quad (3.8)$$

Результаты теплотехнического расчета служат основой для определения потерь теплоты ограждающими конструкциями помещений здания, которые необходимо оценить для определения мощности системы отопления.

#### 1. Теплотехнический расчет наружных стен.

В табл. 3.1 – представлены теплотехнические характеристики слоев.

Таблица 3.1 - Теплотехнические характеристики слоев

№ п/п	Наименование слоя	Толщина $\delta$ , м.	Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ , Вт/(м×°С)
----------	-------------------	-----------------------	---

1	Воздушная вентилируемая прослойка	0,006	0,13
2	Утеплитель РОКВУЛ (ВентиБатс)	0,140	0,045
3	Кирпичная кладка	0,250	0,81
4	Цементно – песчаный раствор М50	0,002	0,93

$$\Gamma COП = (25 + 6,7) \cdot 233 = 7386,5.$$

Требуемое сопротивление теплопередаче по расчету:

$$R^{TP} = a \times \Gamma COП + b = 0,0003 \times 7386,5 + 1,2 = 3,42 \text{ (м}^2 \times ^\circ\text{C)/Вт}.$$

Фактическое сопротивление теплопередаче:

$$R^{\Phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,06}{0,13} + \frac{0,140}{0,045} + \frac{0,250}{0,81} + \frac{0,022}{0,93} + \frac{1}{23} = 4,05 \text{ (м}^2 \times ^\circ\text{C)/Вт}.$$

$R^{\Phi} > R^{TP}$  – условие выполнено.

Коэффициент теплопередачи стен:

$$K = \frac{1}{4,05} = 0,247 \text{ Вт/(м}^2 \times ^\circ\text{C)}.$$

2. Теплотехнический расчет чердачного перекрытия.

В табл. 3.2 представлены теплотехнические характеристики слоев.

Таблица 3.2 – Теплотехнические характеристики слоев

№ п/п	Наименование слоя	Толщина $\delta$ , м.	Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ , Вт/(м $\times$ $^\circ$ C)
1	Железо-бетонная плита	0,2	0,204
2	Утеплитель РОКВУЛ (ВентиБатс)	0,14	0,045
3	Цементно-песчаный раствор	0,05	0,93

$$\Gamma COП = (25 + 6,7) \cdot 233 = 7386,5.$$

Требуемое сопротивление теплопередаче по расчету:

$$R^{TP} = a \times \Gamma COП + b = 0,00035 \times 7386,5 + 1,3 = 3,88 \text{ (м}^2 \times ^\circ\text{C)/Вт}.$$

Фактическое сопротивление теплопередаче:

$$R^{\Phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{0,204} + \frac{0,14}{0,045} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{1}{23} = 4,8 \text{ (м}^2 \times ^\circ\text{C)/Вт}.$$

$R^{\Phi} > R^{TP}$  – условие выполнено.

Коэффициент теплопередачи чердачного перекрытия:

$$K = \frac{1}{4,8} = 0,208 \text{ Вт/(м}^2 \times ^\circ\text{C)}.$$

### 3. Теплотехнический расчет полов по грунту.

В табл. 3.3 представлены теплотехнические характеристики слоев.

Таблица 3.3 – Теплотехнические характеристики слоев

№ п/п	Наименование слоя	Толщина $\delta$ , м.	Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ , Вт/(м $\times$ $^\circ$ C)
1	Бетон кл.15 с покрытием – наливной пол «Декор-П»	0,04	0,204
2	Подстилающий слой бетона кл.В-22,5, армированный сеткой	0,1	0,045

Зона 1 –  $K = 0,47 \text{ Вт/(м}^2 \times ^\circ\text{C)}$ ;

Зона 2 –  $K = 0,23 \text{ Вт/(м}^2 \times ^\circ\text{C)}$ ;

Зона 3 –  $K = 0,12 \text{ Вт/(м}^2 \times ^\circ\text{C)}$ ;

Зона 4 –  $K = 0,07 \text{ Вт/(м}^2 \times ^\circ\text{C)}$ .

### 2.2. Теплотехнический расчет кровли

В табл. 3.4 представлены теплотехнические характеристики слоев.

Таблица 3.4 – Теплотехнические характеристики слоев

№ п/п	Наименование слоя	Толщина $\delta$ , м.	Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ , Вт/(м $\times$ $^\circ$ C)
1	Железобетонная плита	0,2	0,204

$$ГСОП = (25 + 6,7) \cdot 233 = 7386,5.$$

Требуемое сопротивление теплопередаче по расчету:

$$R^{TP} = a \times ГСОП + b = 0,0003 \times 7386,5 + 1,2 = 3,41 \text{ (м}^2 \times ^\circ\text{C)/Вт}.$$

Фактическое сопротивление теплопередаче:

$$R^{\Phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{0,204} + \frac{1}{23} = 3,5 \text{ (м}^2 \times ^\circ\text{C)/Вт}.$$

$R^{\Phi} > R^{TP}$  – условие выполнено.

Коэффициент теплопередачи кровли:

$$K = \frac{1}{3,5} = 0,286 \text{ Вт/(м}^2 \times ^0\text{С)}.$$

## 2.2. Теплотехнический расчет окон и дверей

Фактическое сопротивление теплопередаче наружной двери:

$$R^{\Phi} = 0,6 \cdot 3,42 = 2,05 \text{ (м}^2 \times ^0\text{С)/Вт}.$$

$$K = \frac{1}{2,05} = 0,49 \text{ Вт/(м}^2 \times ^0\text{С)}.$$

Двойное остекление в деревянных переплетах –  $R^{\Phi} = 0,55$ .

$$K = \frac{1}{0,55} = 1,82 \text{ Вт/(м}^2 \times ^0\text{С)}.$$

## 3.2 Расчет тепловых потерь

Основные потери теплоты  $Q_0$  , Вт, через рассматриваемые ограждающие конструкции зависят от разности температуры наружного и внутреннего воздуха и рассчитываются с точностью до 10 Вт по формуле

$$Q_0 = A \cdot k \cdot n(t_e - t_n)(1 + \Sigma\beta), \quad (3.9)$$

где  $A$  — площадь ограждающей конструкции,  $\text{м}^2$ ;

$k$  — коэффициент теплопроводности;

$n$  — коэффициент, учитывающий отношение температуры наружного воздуха и температуры ограждающей поверхности конструкции;

$\beta$  — добавочные потери теплоты в долях от основных потерь в зависимости от ориентации по сторонам света.

Добавочные потери теплоты  $\beta$  через ограждающие конструкции следует принимать в долях от основных потерь:

а) в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна, обращенные на север, восток, северо-восток и северо-запад в размере 0,1, на юго-восток и запад - в размере 0,05; в угловых помещениях дополнительно - по 0,05 на

каждую стену, дверь и окно, если одно из ограждений обращено на север, восток, северо-восток и северо-запад и 0,1 - в других случаях;

б) в помещениях, разрабатываемых для типового проектирования, через стены, двери и окна, обращенные на любую из сторон света, в размере 0,08 при одной наружной стене и 0,13 для угловых помещений (кроме жилых), а во всех жилых помещениях - 0,13;

в) через необогреваемые полы первого этажа над холодными подпольями зданий в местностях с расчетной температурой наружного воздуха минус 40°С и ниже (параметры Б) - в размере 0,05;

г) через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте зданий Н, м, от средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты в размере:

0,2 Н — для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;

0,27 Н — для двойных дверей с тамбурами между ними;

0,34 Н — для двойных дверей без тамбура;

0,22 Н — для одинарных дверей;

д) через наружные ворота, не оборудованные воздушными и воздушно-тепловыми завесами, — в размере 3 при отсутствии тамбура и в размере 1 — при наличии тамбура у ворот. Для летних и запасных наружных дверей и ворот добавочные потери теплоты по подпунктам "г" и "д" не следует учитывать.

Площади наружных ограждающих конструкций определяются по внешнему обмеру:

1) Площади окон, дверей измеряются по наименьшему строительному проему;

2) Площади пола и потолка измеряются между осями внутренних стен и внутренней поверхности наружной стены;

3) Площади наружных стен измеряются:



а) В плане — по внешнему периметру между наружным углом и осями внутренних стен;

б) По высоте — на первом этаже (в зависимости от конструкции пола) — или от внешней поверхности пола по грунту, или от нижней поверхности перекрытия над подпольем, или неотапливаемым подвальным помещением до чистого пола второго этажа; в средних этажах — от поверхности пола до поверхности пола следующего этажа; в верхнем этаже — от поверхности пола до верха конструкции чердачного перекрытия [4].

Теплопотери на нагревание наружного воздуха при инфильтрации через наружные ограждения следует определять по формуле

$$Q_{и1} = 0,28 \cdot \Sigma G_i \cdot c \cdot (t_B - t_H) \cdot k, \quad (3.10)$$

где  $G_i$  — расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения;

$c$  — удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг\*°C);

$k$  — коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами, 0,8 — для окон и балконных дверей с раздельными переплетами и 1,0 — для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов.

$$Q_{и2} = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho \cdot c \cdot (t_p - t_i) \cdot k, \quad (3.11)$$

где  $L_n$  — расход удаляемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом; для жилых зданий — удельный нормативный расход 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> жилых помещений;

$\rho$  — плотность воздуха в помещении, кг/м<sup>3</sup>.

Расход инфильтрующегося воздуха в помещении  $G_i$ , кг/ч, через неплотности наружных ограждений следует определять по формуле:

$$G_i = 0,216 \cdot \sum A_1 \cdot \Delta p_i^{0,67} / R_u + \sum A_2 \cdot G_H \cdot (\Delta p_i / \Delta p_1)^{0,67} + 3456 \cdot \sum A_3 \cdot \Delta p_i^{0,5} + 0,5 \cdot \sum l \cdot \Delta p_i / \Delta p_1, \quad (3.12)$$

где  $A_1$ ,  $A_2$  — площади наружных ограждающих конструкций,  $m^2$ , соответственно световых проемов (окон, балконных дверей, фонарей) и других ограждений;

$A_3$  — площадь щелей, неплотностей и проемов в наружных ограждающих конструкциях;

$\Delta p_i$ ,  $\Delta p_1$  — расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций соответственно на расчетном этаже при  $\Delta p_1 = 10$  Па;

$R_u$  — сопротивление воздухопроницанию,  $m^2 \cdot ч \cdot Па / кг$ .

Требуемое сопротивление воздухопроницанию  $R_{и}^{тр}$ ,  $m^2 \cdot ч \cdot Па / кг$  определяют по формуле:

$$R_{и}^{тр} = (1 \cdot (\Delta p_i / \Delta p_o)^{2/3}) / G_H, \quad (3.13)$$

где  $G_H$  — нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций,  $кг / (m^2 \cdot ч)$ ;

$l$  — длина стыков стеновых панелей, м;

$\Delta p_i$  — расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях каждой ограждающей конструкции;

$\Delta p_o = 10$  Па — разность давления воздуха, при которой определяется сопротивление воздухопроницанию  $R_{и}$ .

Расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях каждой ограждающей конструкции  $\Delta p_i$ , Па, принимается

после определения условно-постоянного давления воздуха в здании  $p_{int}$ , Па (отождествляется с давлениями на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций), на основе равенства расхода воздуха, поступающего в здание  $\Sigma G_i$ , кг/ч, и удаляемого из него  $\Sigma G_{ext}$ , кг/ч, за счет теплового и ветрового давлений и дисбаланса расходов между подаваемым и удаляемым воздухом системами вентиляции с искусственным побуждением и расходуемого на технологические нужды.

Расчетная разность давлений  $\Delta p_i$ , определяется по формуле

$$\Delta p_i = (H - h_i) \cdot (\gamma_i - \gamma_p) + 0,5 \cdot p_i \cdot v^2 \cdot (c_{e,n} - c_{e,p}) \cdot k_l - p_{int}, \quad (3.14)$$

где  $H$  — высота здания, м, от уровня средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты;

$h_i$  — расчетная высота, м, от уровня земли до верха окон, балконных дверей, дверей, ворот, проемов или до оси горизонтальных и середины вертикальных стыков стеновых панелей;

$\gamma_i, \gamma_p$  — удельный вес, Н/м<sup>3</sup>, соответственно наружного воздуха и воздуха в помещении, определяемый по формуле

$$\gamma = 3463 / (273 + t), \quad (3.15)$$

где  $p_i$  — плотность наружного воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$v$  — скорость ветра, м/с, принимаемая по таблице 6 [1].

$c_{e,n}, c_{e,p}$  — аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и подветренной поверхностей ограждений здания. ( $c_{e,n}=0,8$ ,  $c_{e,p}=-0,6$ );

$k_l$  — коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания ( $k_l=1$ );

$p_{int}$  — условно-постоянное давление воздуха в здании, Па.

Результаты расчета приведены в приложении 1.

### 3.3 Тепловой баланс помещений

Отопительную нагрузку жилых и ряда общественных зданий  $Q_{от}$  рассчитывают по формуле (3.16):

$$Q_{от} = Q_{огр} + Q_{инф} - Q_{быт}, \quad (3.16)$$

где  $Q_{огр}$  – суммарные теплопотери ограждающих конструкций помещения;

$Q_{инф}$  – количество теплоты, потребное для нагрева инфильтрующегося воздуха;

$Q_{быт}$  – бытовые тепловыделения.

Тепловые потери на нагрев инфильтрующегося воздуха рассчитывают согласно [3]. Потери тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха определяют по формуле (3.17):

$$Q_{инф} = 0,28 \cdot \sum G_i \cdot c \cdot (t_B - t_H) \cdot k, \quad (3.17)$$

где  $G_i$  – расход инфильтрующегося воздуха через светопрозрачные ограждения;

$\rho$  – плотность воздуха в помещении;

$c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг×°С);

$k$  – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях (равный:

- 0,7 – для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами;

- 0,8 – для окон и балконных дверей с отдельными переплетами;

- 1,0 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов).

Бытовые тепловыделения определяют по [3, п. 3.1] в количестве от 10 Вт до 21 Вт на 1 м<sup>2</sup> площади пола (3.18):

$$Q_{быт} \geq 10 \cdot F_{пл}, \quad (3.18)$$

где  $F_{пл}$  – площадь пола.

Расчет вышеперечисленных тепловых потерь производится по методике приведенной в [1].

#### 4 Принципиальное решение

В данной работе проведена водяная двухтрубная система отопления с нижней разводкой, тупиковая.

Водяные системы отопления различают по способу циркуляции воды (с естественным и искусственным побуждением), по месторасположению разводящих магистралей (с верхней или нижней разводкой), по способу прокладки разводящих магистралей к отопительным стоякам (тупиковые и с попутным движением воды), по конструкции стояков и схеме присоединения к ним нагревательных приборов (двух- и одноконтурные).

В этой системе теплоноситель в нагревательные приборы поступает сверху вниз.

Основное преимущество двухтрубных систем — поступление воды с наивысшей температурой к каждому отопительному прибору, что обеспечивает максимальную разность температур и, следовательно, минимальную площадь поверхности приборов.

Также имеют следующие преимущества: сокращается количество трубопроводов, проходящих в неотапливаемых помещениях, а следовательно, уменьшаются непроизводительные потери тепла; монтаж системы и пуск тепла можно производить поэтажно по мере возведения здания; в процессе обслуживания системы отключение отдельных стояков на случай аварии более удобно, так как краны на подающем и обратном стояках расположены в одном месте.

## 5 Расчет и подбор отопительных приборов

Тепловой расчет приборов заключается в определении площади внешней нагревательной поверхности каждого отопительного прибора, обеспечивающей необходимый тепловой поток от теплоносителя в помещение. Расчет проводится при температуре теплоносителя, устанавливаемой для условий выбора тепловой мощности приборов. Для теплоносителя пара это температура насыщенного пара при заданном его давлении в приборе. Для теплоносителя воды — максимальная средняя температура воды в приборе, связанная с ее расходом.

Тепловая мощность прибора, т. е. его расчетная теплоотдача  $Q_{пр}$ , определяется, как известно, теплопотребностью помещения за вычетом теплоотдачи теплопроводов, проложенных в этом помещении.

Требуемый номинальный тепловой поток  $Q_{н.т.}$  Вт для выбора типоразмера отопительного прибора определяют по формуле

$$Q_{н.т.} = Q_{пр} / \varphi_k, \quad (5.1)$$

где  $Q_{пр}$  — необходимая теплопередача прибора в рассматриваемое помещение, Вт, определяются по формуле

$$Q_{пр} = Q_{п} - 0,9 \cdot Q_{тр}, \quad (5.2)$$

где  $Q_{тр}$  — теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения труб стояка (ветви) и подводок, к которым непосредственно присоединен прибор;

$\varphi_k$  — комплексный коэффициент приведения к расчётным условиям, который определяется по формуле:

$$\varphi_k = (\Delta t_{ср} / 70)^{1+n} \cdot (G_{пр} / 360)^p \cdot b \cdot \psi \cdot c, \quad (5.3)$$

где  $\Delta t_{cp}$  — разность средней температуры в приборе и температуры окружающего воздуха, °C, определяется

$$\Delta t_{cp} = (t_{вх} + t_{вых})/2 - \Delta t_{в}, \quad (5.4)$$

где  $t_{вх}$ ,  $t_{вых}$  — температура воды входящей в прибор и выходящей из него, °C;

$G_{пр}$  — расход воды в приборе, кг/ч;

$b$  — коэффициент учёта атмосферного давления в данной местности;

$\psi$  — коэффициент учёта направления движения теплоносителя воды в приборе (принимается  $\psi = 1$ );

$n$ ,  $p$ ,  $c$  — экспериментальные числовые показатели.

По теплотериям помещений подобран радиатор алюминиевый секционный Global Klass.

При равном тепловом потоке алюминиевый радиатор в 4 раза легче чугунного. Благодаря прессованной структуре алюминиевого сплава, радиатор имеет более высокие прочностные характеристики по сравнению с литыми алюминиевыми и чугунными радиаторами. В системах отопления, стоящих из алюминиевых радиаторов, благодаря гладкой внутренней поверхности, в процессе эксплуатации теплотехнические характеристики не изменяются, что делает срок службы радиатора практически неограниченным. Малый вес радиатора способствует наименьшим затратам на транспортировку и монтаж [8].

Результаты расчета приведены в приложении 2.

## 6 Гидравлический расчет

Система водяного отопления представляет собой разветвленную закольцованную сеть труб и приборов, заполненных водой. Вода в течение отопительного сезона находится в постоянном кругообороте. По трубам нагретая вода распределяется по приборам, охлажденная в приборах вода собирается воедино, нагревается в теплообменнике и вновь направляется к приборам. Так как теплопередача происходит при охлаждении определенного количества воды, требуется выполнить гидравлический расчет системы.

Гидравлический расчет проводится по законам гидравлики. Расчет основан на следующем принципе: при установившемся движении воды действующая в системе разность давления полностью расходуется на преодоление сопротивления движению [6].

Правильный гидравлический расчет предопределяет работоспособность системы отопления. Точный расчет системы связан с решением большого числа нелинейных уравнений. Потери давления при перемещении требуемого количества воды по трубам принятого диаметра определяют гидравлическое сопротивление системы.

Гидравлический расчет выполняют по пространственной схеме системы отопления, вычерчиваемой обычно в аксонометрической проекции. На схеме системы выявляют циркуляционные кольца, делят их на участки и наносят тепловые нагрузки. В циркуляционное кольцо могут быть включены один или несколько отопительных приборов и всегда теплогенератор, а также побудитель циркуляции теплоносителя в насосной системе отопления.

Участком называют трубу постоянного диаметра с одним и тем же расходом теплоносителя. Последовательно соединенные участки, образующие замкнутый контур циркуляции воды через теплогенератор, составляют циркуляционное кольцо системы [5].



Существует два способа гидравлического расчета

1. По характеристикам гидравлического сопротивления.
2. По удельным линейным потерям давления.

Основная цель гидравлического расчета является в определении диаметра трубопровода в зависимости от расхода воды в них и проверку системы отопления на работоспособность по выбранным диаметрам.

При расчете по второму способу линейные и местные потери давления на участки рассматриваемого теплопровода находят по формуле

$$\Delta P = Rl + z, \quad (6.1)$$

где  $R$  – удельная линейная потеря давления на 1м трубопровода. Определяется в зависимости от расхода воды который вычисляется по формуле

$$G_{уч} = \frac{3,6Q_{уч}}{c_p(t_g - t_o)}, \quad (6.2)$$

где  $Q$  — количество теплоты, Вт

$t_g, t_o$  — параметры теплоносителя, °C

$c_p$  — удельная теплоемкость, кДж/кг °C

$L$  — длина рассматриваемого участка, м

$z$  — местные потери давления на участке, Па.

Гидравлический расчет показан в приложении 3.

Подбор циркуляционного насоса

$$\Delta H_{цн} = \left( \frac{\Sigma(Rl + Z)_{осн.к}}{\rho g} \right) \cdot 1.15 \quad (6.3)$$

где,  $\Sigma(Rl + Z)_{осн.к}$  – местные потери давления

$$\Delta H_{цн} = (8,761/970 \cdot 9,81) \cdot 1,15 = 0,0010058 \text{ м.вод.ст}$$

$$L_{\text{цн}} = G_{\text{итп}_{(0)}-1} \cdot 3600 / 1000 \cdot 1/\rho \quad (6.4)$$

$$L_{\text{цн}} = 1,7 \cdot 3600 / 1000 \cdot 1/0,97 = 6,3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Расчет объема расширительного бака

$$V_{\text{п}} = 0,045 \cdot V_{\text{с}}, \quad (6.5)$$

$$\text{где } V_{\text{с}} = (0,5 \cdot Q_{\text{ос}} / 1163 \cdot 8 + 0,5 \cdot Q_{\text{ос}} / 1163 \cdot 10)$$

$$V_{\text{п}} = 0,045 \cdot 354,8 = 15,9 = 16 \text{ л}$$

## 7 Индивидуальный тепловой пункт

Индивидуальный тепловой пункт проектируется согласно с требованиями [9]. Подбор ИТП здания осуществляем в программе «Online Проект – Теплового пункта (ИТП) для системы отопления».

## 8 Монтаж систем центрального отопления

### Материалы и оборудования

Для систем центрального отопления применяют в основном стальные легкие или обыкновенные водогазопроводные, электросварные и бесшовные трубы. На чертежах и спецификациях указывают для водогазопроводных труб диаметр условного прохода, а для бесшовных и тонкостенных труб – наружный диаметр и толщину стенки, а также соответствующий ГОСТ (например, 50 × 1,8, ГОСТ 10707-80 \*). Сортамент стальных труб приведен в любых справочниках.

В зависимости от параметров теплоносителя, вида системы отопления и типов нагревательных приборов применяют: задвижки с латунными уплотнительными кольцами, пробковые проходные сальниковые бронзовые краны, прямооточные запорные вентили, проходные вентили, бронзовые пробко - сальниковые краны и тройники, краны двойной регулировки, краны регулирующие дроссельного типа, краны Маевского, регуляторы расхода, температуры, давления, обратные клапаны и др. Вся арматура с точки зрения технологии их установки подразделяется на муфтовую и фланцевую. Их монтаж производят так, чтобы теплоноситель поступал под седло клапана.

В зависимости от конструкции, принципа действия теплоносителя, а также параметров теплоносителя применяют стандартные и типовые монтажные детали и изделия и различные насосы.

К типовым изделиям относятся воздухосборники, расширительные баки, фильтры для воды, грязевики, баки конденсационные, гидравлические затворы, конденсатоотводчики, водоотделители, к типовым монтажным деталям – детали трубопровода (бочонки, скобы, подводки, опуски, перемычки, отводы и полуотводы, переходы и т.д.).

К стандартным изделиям относятся муфты, тройники, фланцы, метизы, дроссельные шайбы, детали крепления отопительных приборов и трубопроводов, виброизоляторы под отопительные насосы и т.д.

В качестве уплотнителя для фланцевых соединений при температуре теплоносителя не более 423 К (150°C) применяют паронит толщиной 2...3 мм или фторопласт-4, а при температуре теплоносителя не более 403 К (130°C) – прокладки из термостойкой резины. Для резьбовых соединений в качестве уплотнителя применяют ленту из фторопластового уплотнительного материала (ФУМ) или льняную прядь, пропитанную свинцовым суриком или белилами, замешанными на олифе (при температуре теплоносителя до 378 К (105°C)), а также асбестовую прядь вместе с льняной прядью, пропитанные графитом, замешанным на олифе, или ленту ФУМ ( при температуре теплоносителя выше 378 К (105°C) и для конденсационных линий).

Сальники у задвижек, вентилях и кранов должны быть уплотнены при температуре теплоносителя до 373 К (100°C) хлопчатобумажной, льняной, пеньковой, фторопластовой набивкой, а при паре или воде с температурой более 373 К (100°C) асбестовой, тальковой плетеной или фторопластовой набивкой.

По санитарно-гигиеническим нормам в жилых и промышленных зданиях устанавливают чугунные радиаторы, чугунные ребристые трубы, стальные штампованные панельные радиаторы, регистры из гладких труб, конвекторы, отопительные панели и бетонные греющие панели.

Для перекачки воды в системах водяного отопления с искусственной циркуляцией теплоносителя применяют насосы центробежные различной модификации и электронасосы циркуляционные маломощные типа ЦВЦ.

#### Подготовительные работы перед монтажом систем

Кроме общих положений по подготовке объекта к монтажу, изложенных в § 5.2, необходимо разметить места установки нагревательных приборов, места прохода трубопроводов и места установки насосов и узлов управления ( элеваторов).

При приемке строительного объекта под монтаж особое внимание обращают на готовность фундаментов под насосы; на соответствие отверстий и борозд для прокладки трубопроводов заданным проектным величинам или

рекомендациям СНиПа; на отделку ниш и поверхности стен за нагревательными приборами (поверхность штукатурки или облицовки указанных мест должна в дальнейшем совпадать с общей плоскостью штукатурки или облицовки стен или перегородки, а средства крепления трубопроводов и нагревательных приборов должны быть установлены до облицовки).

При разметке и прокладки трубопроводов и нагревательных элементов систем отопления следует соблюдать уклоны и предельно допустимые отклонения при монтажных работах. Вертикальные трубопроводы не должны отклоняться от вертикали больше чем на 2 мм на 1 м длины трубопровода.

Расстояние от поверхности штукатурки или облицовки до оси неизолированных трубопроводов при открытой прокладке должно составлять при диаметре труб до 32 мм от 35 до 55 мм, а при диаметре 40...50 мм – от 50 до 60 мм с допустимыми отклонениями  $\pm 5$  мм.

Расстояние между креплениями и опорами стальных трубопроводов на горизонтальных участках определяется проектом или таблицей 2 СНиП 3.05.01-85. Средства крепления стояков из стальных труб в жилых и общественных зданиях при высоте этажа более 3 м устанавливаются на половине высоты этажа. Средства крепления стояков в производственных зданиях устанавливаются через 3 м. Подводки к отопительным приборам при длине более 500 мм также должны иметь крепления.

Трубопроводы, нагревательные приборы и калориферы при температуре теплоносителя выше 378 (105°C) устанавливаются на расстоянии не менее 100 мм от сгораемых конструкций, если они не имеют тепловую изоляцию.

В местах пересечения трубопроводов с перекрытиями, стенами и перегородками устанавливают гильзы заподлицо с поверхностями стен и перегородок и выше на 20...30 мм отметки чистого пола. Зазор между гильзой и трубой, обеспечивающей свободное перемещение труб при изменении температуры теплоносителя. В отдельных случаях указанные гильзы не

устанавливаются (например, однотрубные системы отопления со смешенными замыкающими участками).

Уклоны магистральных трубопроводов пара, воды и конденсата определяются рабочей документацией или рабочим проектом, но должны быть не менее 0,002, а паропровод, имеющий уклон против движения пара, - не менее 0,006. Уклоны подводов к нагревательным приборам выполняются по ходу движения теплоносителя в пределах 5...10 мм на всю длину подводки. При длине подводки менее 500 мм она может быть смонтирована горизонтально.

Разметка мест установки нагревательных приборов и креплений указанных приборов производится согласно рабочей документации с обеспечением удаления воздуха и спуска теплоносителя из системы отопления. Места расположения отверстий под кронштейны или другие виды креплений размечаются с помощью шаблонов после штукатурки мест установки нагревательных приборов.

Средства крепления трубопроводов и нагревательных приборов устанавливают на дюбелях с применением строительно-монтажного пистолета (на бетонных, кирпичных, железобетонных и гипсолитовых стенах и перегородках) или путем заделки цементным раствором не ниже 100 на глубину не менее 100 мм предварительно просверленные отверстия. Применение деревянных пробок для заделки кронштейнов не допускаются.

#### Монтаж систем центрального отопления

Заготовки из труб для системы отопления транспортируются на строящийся объект в контейнерах или собранными в пакеты, снабженные бирками номера заказа, стояка и этажа.

Доставленные на объект заготовки принимают по акту (входной контроль) и разносят к месту установки согласно маркировке или монтажному проекту.

При монтаже систем отопления должно быть обеспечено: точное выполнение работ в соответствии с проектом и указаниями СНиПа; плотность

соединений; прочность креплений элементов систем; вертикальность стояков; соблюдения проектных уклонов разводящих и магистральных участков; отсутствие кривизны и изломов на прямолинейных участках трубопроводов; исправное действие запорной и регулирующей арматуры, предохранительных устройств и контрольно-измерительных приборов; возможность удаления воздуха и опорожнения систем и наполнения ее водой; надежное закрепление оборудования и ограждений их вращающихся частей.

Трубы перед их установкой проверяют на отсутствие засорения, а их концы, оставляемые открытыми, закрывают инвентарными пробками. Применять для этой цели паклю или тряпки запрещается.

Монтаж магистральных трубопроводов производится после раскладки монтажных узлов на опоры и подвешивание их к строительным конструкциям путем сборки узлов на льны и сурике или стыковки узлов с последующей их сваркой. Затем магистрали выверяют и закрепляют на опорах и подвесках.

В двухтрубных системах водяного отопления стояк горячей воды всегда монтируется справа, а стояк обратной воды – слева (если смотреть на стену из помещения). В системах парового отопления стояк монтируют справа от конденсационного. Расстояние между осями смежных неизолированных стояков диаметров до 32 мм принимается равным 80 мм, а при большем диаметре это расстояние определяется из условий удобства монтажа.

После сборки магистральных трубопроводов к ним присоединяют стояки и ответвления к оборудованию. В начале устанавливают отопительные узлы на место и выверяют по уровню и отвесу, затем соединяют отопительные узлы с помощью междуэтажной вставки. В отдельных случаях междуэтажная вставка поставляется на объект из двух частей с раструбным соединением. Тогда производится выверка вставки по отвесу с обваркой раструбного соединения. Для восприятия температурных линейных расширений на стояках монтируют междуэтажные вставки (где это требуется по проекту) с П-образными компенсаторами. Отопительные приборы к междуэтажным



вставкам присоединяются на резьбе или сварке. На рис.6.1 изображены элементы междуэтажной вставки в жилых и общественных зданиях.

Расположение отопительных приборов средств регулирования, подводок и обвязок для различных систем отопления определяется проектной документацией с учетом выполнения следующих нормативов: расстояние от оси трубопровода до поверхности штукатурки стены принимается равным до 35 мм для труб диаметров до 32мм; радиаторы устанавливаются на расстоянии не менее 60 мм от пола, 50 мм от нижней поверхности подоконных досок и 25 мм от поверхности штукатурки стен, а в помещениях лечебно – профилактических, санитарно-курортных и детских учреждений радиаторы устанавливаются на расстоянии не менее 100 мм от пола и 60 мм от поверхности стены; конвекторы монтируются от пола до низа оребрения или кожуха на расстоянии 70...150 % глубины устанавливаемого отопительного прибора и 20 мм от поверхности штукатурки стен до оребрения или кожуха; гладкие и ребристые трубы устанавливаются на расстоянии не менее 200 мм от пола и подоконной доски до ближайшей трубы и 25 мм от поверхности штукатурки стен с расстоянием между осями смежных труб не менее 200 мм; при установке отопительного прибора под окном его край со стороны стояка не должен выходить за пределы оконного проема, причем совмещение вертикальных осей симметрии отопительных приборов и оконных проемов необязательно; в однотрубной системе отопления с односторонним присоединением отопительных приборов открыто прокладываемый стояк монтируется на расстоянии  $(150 \pm 50)$  мм от кромки оконного проема, а длина подводок к отопительным приборам не должна быть не более 400 мм.

Задвижки на магистралях и вводах в здание устанавливаются шпинделем вверх на горизонтальном трубопроводе и шпинделем горизонтально на вертикальном трубопроводе. Направление потока транспортируемой среды любое.

Вентили запорные монтируются шпинделем вверх с наклоном в пределах верхней полуокружности на горизонтальном трубопроводе и

шпинделем горизонтально на вертикальном трубопроводе. Направление потока транспортируемой среды – под клапан.

Краны пробковые проходные сальниковые устанавливают пробкой вверх или горизонтально. Краны пробковые натяжные устанавливают так, чтобы ось пробки была параллельна стене, к которой крепят трубопровод. Направление потока транспортируемой среды любое.

Конденсатоотводчики монтируют горизонтально, направление потока транспортируемой среды определяется стрелкой на корпусе конденсатоотводчика.

Остальная запорная арматура монтируется в горизонтальном положении, направление потока транспортируемой среды – под клапан.

Установка регуляторов, предохранительных клапанов и контрольно-измерительных приборов производится по рабочей документации (рабочему проекту) или в соответствии с заводской инструкцией.

Элеваторный узел поступает на строительную площадку, как правило, в собранном виде, и монтаж заключается в установке его краном на предварительно установленные кронштейны. Иногда на ЦЗМ изготовленный элеваторный узел разбирается на два или четыре типовых монтажных узла, а на строительном объекте собирается в процессе его монтажа. Элеваторы водоструйные устанавливают горизонтально, диаметр в сопле должен соответствовать проектному.

Манометры одного назначения, устанавливаемые на трубопроводах и оборудовании, целесообразно располагать на одном уровне с монтажом перед каждым манометром трехходового крана. На трубопроводах, имеющих температуру теплоносителя выше 378 К (105 °С), манометры присоединяются через сифонную трубку.

Штуцера для установки термометров заливаются минеральными маслом и должны находиться в потоке теплоносителя.

Расширительные баки устанавливают на опорах, кронштейнах или подвешивают на хомутах в верхней точке системы отопления и присоединяют

с отопительной системой без запорных и регулировочных устройств. Расширительные баки изготавливают как типовое изделие централизованно и снабжают отверстиями для присоединения расширительной циркуляционной, контрольной и переливной трубы. В процессе изготовления расширительные баки испытывают и окрашивают внутри и снаружи два раза железным суриком на натуральной олифе.

На строительной площадке расширительные баки устанавливают согласно монтажному проекту в проектное положение, подсоединяют к соответствующим трубам и покрывают тепловой изоляцией.

Для автоматического поддержания определенного уровня воды в баке на его боковой стенке предусмотрены штуцера для присоединения двух реле уровня. Одно реле дает импульс на включение подпиточных устройств, другое – на их выключение. При установке реле уровня штуцер для присоединения контрольной трубы заглушается. Спуск грязи и шлама осуществляется через штуцер с пробкой в днище бака.

При монтаже расширительных баков необходимо выдерживать расстояние между точками присоединения расширительной и циркуляционной труб к обратному трубопроводу, которое в насосных системах должно быть не менее 2 м, а для других систем определяется проектом.

Горизонтальные и вертикальные воздухоборники изготавливают по типовым проектам в заводских условиях, испытывают, покрывают внутри и снаружи эмалью ПФ-115.

Горизонтальные и вертикальные воздухоборники устанавливаются в высших точках систем на горизонтальных участках трубопроводов с условным диаметром от 15 до 100 мм, а вертикальные – в высших точках вертикальных магистральным трубопроводов с условным диаметром от 40 до 150 мм (главные стояки). На патрубках для выпуска воздуха устанавливается запорный вентиль со штуцером для присоединения резинового шланга для отвода воздуха или конденсата в атмосферу или канализационную сеть.

Установленные в неотапливаемых помещениях воздухоборники покрываются тепловой изоляцией.

Насосы поставляются на строящиеся объекты с баз УПТК или трубозаготовительных заводов в агрегированном виде, т.е. насос и электродвигатель закреплены на одной раме с установкой задвижек, обратных клапанов и врезкой бобышек под термометры и манометры.

В общем виде установка центробежного насоса выполняется следующим образом: принимают насосы с обвязкой, доставленные с баз УПТК или трубозаготовительного завода (входной контроль); проверяют готовность фундаментов под насосы, обратив особое внимание на расположение крепежных болтов рамы под насосный агрегат; анкерные болты, закрепленные в шаблон гайками, опускают в гнезда фундамента, устанавливая их на требуемую высоту с помощью клиньев, и заливают гнезда мелкозернистым бетоном или цементным раствором ( перед установкой в гнездо фундамента резьба анкерных болтов выше шаблона смазывается шинным маслом и обертывается ветошью с обвязкой проволокой); через 48 ч после заливки гнезд отвертывают гайки, снимают шаблон, а клинья оставляют на месте; насосные агрегаты устанавливают на клиньях. Поочередно выдвигая клинья, опускают агрегаты на фундамент; выверяют агрегаты по уровню, завертывают гайки и контргайки и при необходимости делают подливку фундаментов из мелкозернистого бетона или цементного раствора; подсоединяют к насосным агрегатам трубопроводы

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Данная выпускная квалификационная работа выполнена на основании строительного, технологического задания в соответствии с СП 60.1333.2012 "Отопление, вентиляция и кондиционирование" и справочной пособия к СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения».

Расчетная температура воздуха:  $-37^{\circ}\text{C}$

Продолжительность отопительного периода: 232 суток

Средняя температура воздуха за отопительный период:  $-7,1^{\circ}\text{C}$

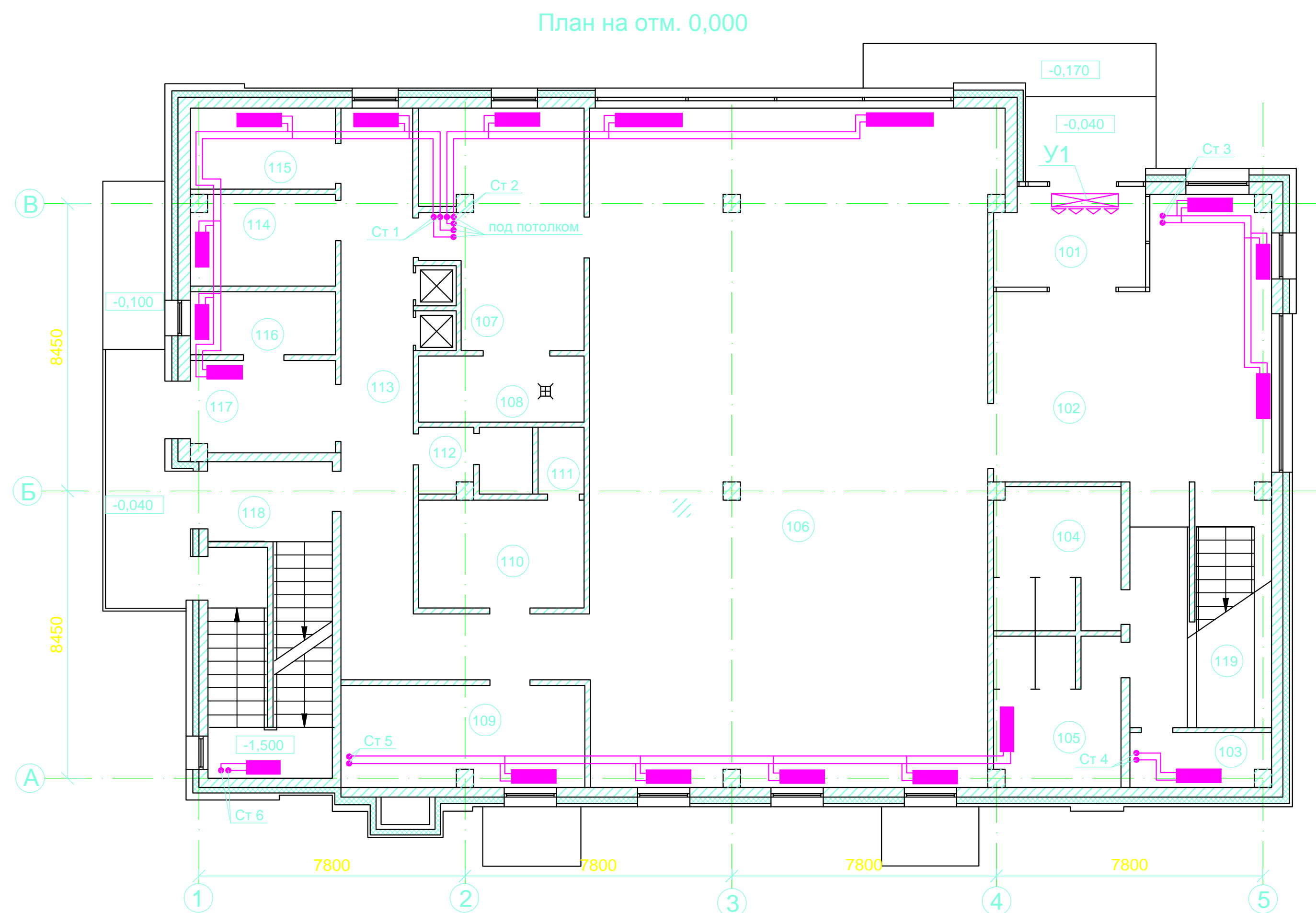
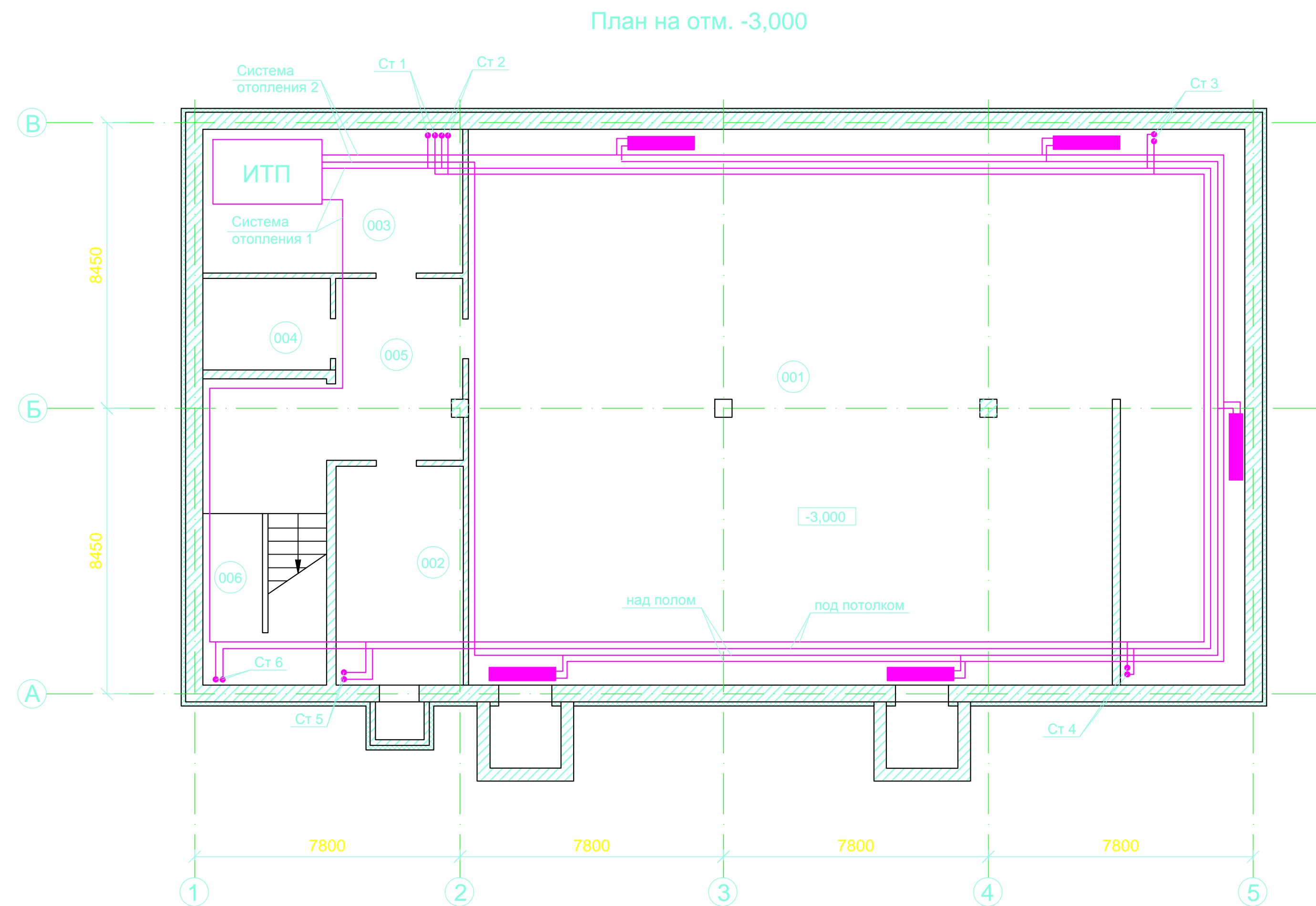
Источник теплоснабжения: индивидуальный тепловой пункт

Теплоноситель для отопления - вода, с параметрами  $90-70^{\circ}\text{C}$

Система отопления принята вертикальная двухтрубная система с нижней разводкой. В качестве отопительных приборов используются алюминиевые секционные радиаторы Global Klass. Трубопроводы отопления приняты полипропиленовые. Удаление воздуха происходит через воздуховыпускные краны. Общие теплотери 45851 Вт. Общие потери давления 6266 Па.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

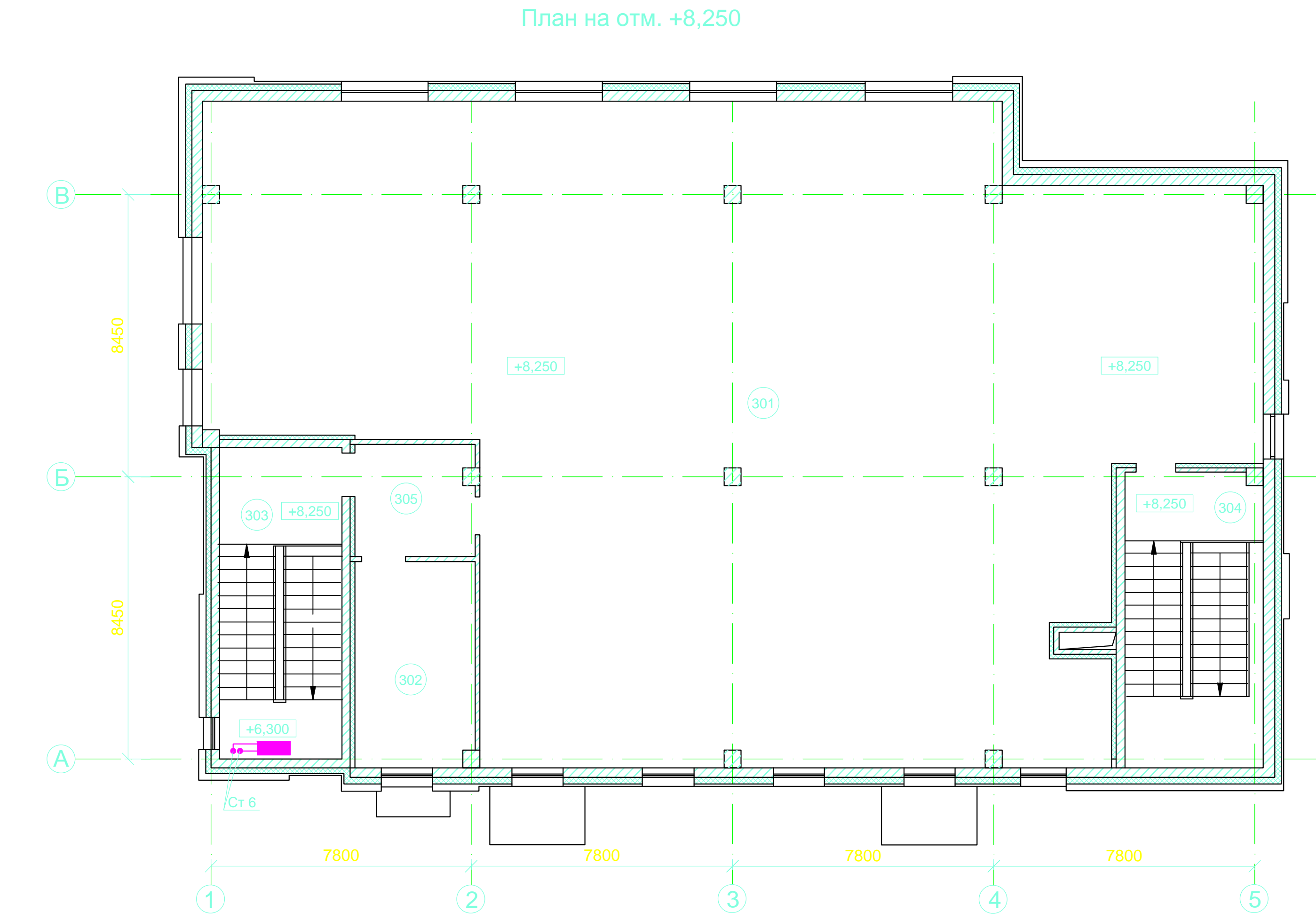
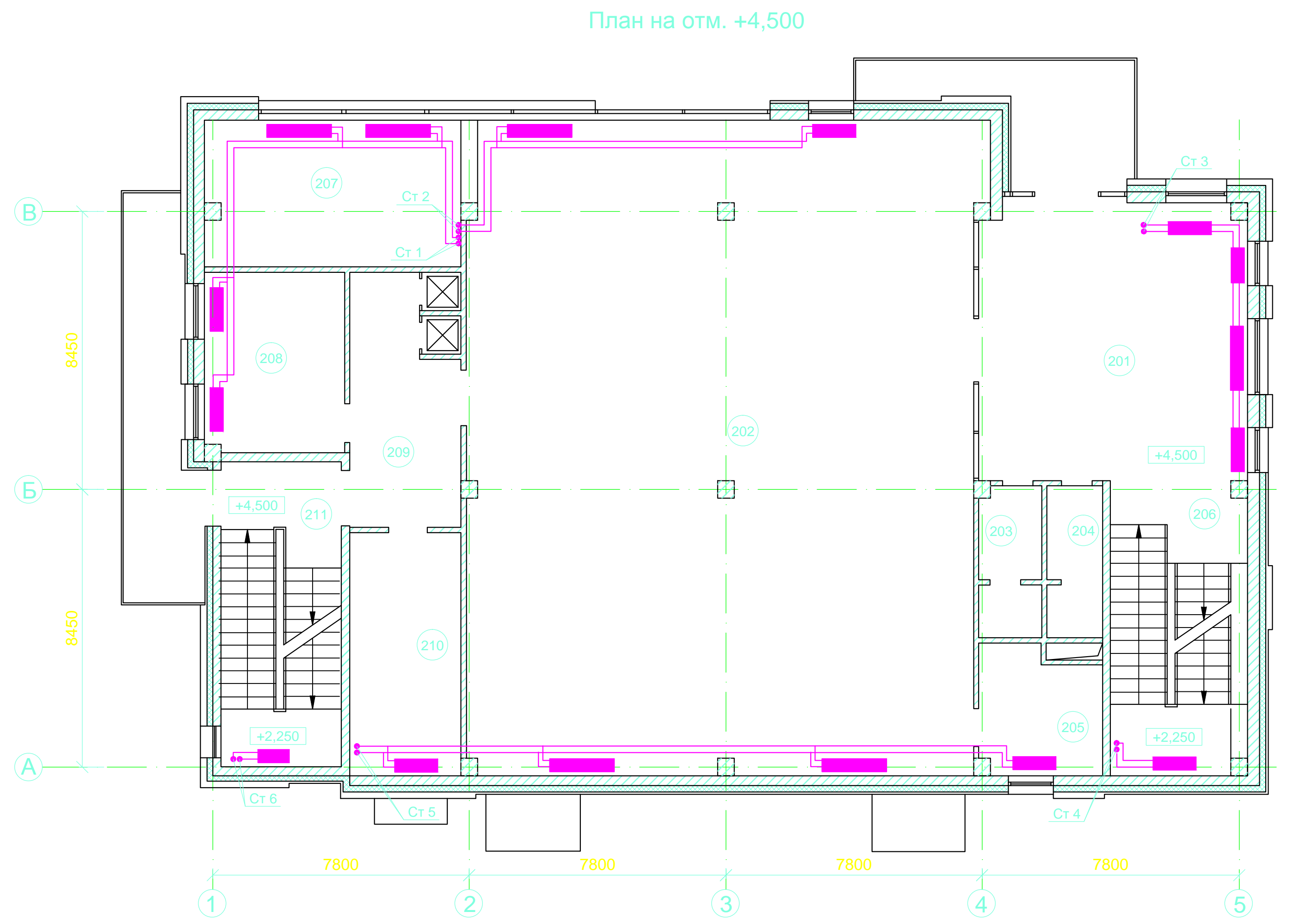
1. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»
2. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»
3. СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
4. Еремкин, А.И. Тепловой режим зданий / А.И. Еремкин, Т.И. Королева. – М.: Издательство АСВ, 2000. – 368 с.
5. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. I. Отопление / В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканава и др.; Под ред. И.Г. Старовойтова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.: ил.
6. Богословский, В.Н. Отопление / В.Н. Богословский, А.Н. Сканава. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.
7. Шумилов, Р.Н. Проектирование систем вентиляции и отопления: Учебное пособие / Р.Н. Шумилов, Ю.И. Толстова, А.Н. Бояршинова. – М.: Лань, 2014. – 336 с.
8. Карпов, В.Н. Системы отопления многоэтажных зданий. Технические рекомендации по проектированию / В.Н. Карпов. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2010. – 107 с.
9. СП 41-101-95 «Проектирование тепловых сетей».
10. СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».



Экспликация помещений

№ П/П	Наименование	Площадь м <sup>2</sup>
001	Техническое подполье	221,8
002	Приточная венткамера	16,5
003	Узел ввода	19,1
004	Электрощитовая	6,0
005	Коридор	9,7
006	Лестница 1	19,5
101	Тамбур	7,5
102	Вестибюль	40,3
103	Помещение уборочного инвентаря	3,7
104	Мужской санузел	9,3
105	Женский санузел	9,7
106	Обеденный зал на 48 мест	138,8
107	Подсобное помещение	18,29
108	Моечная кухонной посуды	5,61
109	Комната персонала	12,4
110	Гардероб	9,2
111	Душевая	1,6
112	Служебный санузел	3,7
113	Коридор	26,8
114	Кладовая одноразовой посуды	6,63
115	Помещение уборочного инвентаря	6,02
116	Помещение пищевых отходов	4,74
117	Загрузочная	7,63
118	Лестница №1	19,99
119	Лестница №2	9,55

					БП-08.03.01.00.05				
					Отопление кафе в г.Красноярск	Лит	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.		Троева А.С.							
Пров.		Шмидт В.К.							
						Лист 1	Листов 4		
Н.контр.		Шмидт В.К.			План подвала и 1 этажа	ИСЗиС			
Уте.		Саваш Г.В.							



Экспликация помещений

№ П/П	Наименование	Площадь м²
201	Холл	41,3
202	Банкетный зал на 60 мест	183,1
203	Женский санузел	5,1
204	Мужской санузел	4,7
205	Помещение уборочного инвентаря	8,1
206	Лестница №2	21,8
207	Гардеробная	20,56
208	Администрация	13,95
209	Коридор	13,57
210	Подсобка	14,79
211	Лестница №1	19,99
301	Чердак	291,1
302	Вытяжная венткамера	13,5
303	Лестница 1	19,99
304	Лестница 2	21,5
305	Коридор	7,3

					БР-08.03.01.00.05			
					Отопление кафе в г.Красноярск	Лит	Масса	Масштаб
						Лист 2	Листов 4	
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата		План 2 этажа и чердака	ИСЗиС		
Разраб.	Трошев А.С.							
Прое.	Шмидт В.К.							
Н. контр.	Шмидт В.К.							
Утв.	Саваш Г.В.							



Схема системы отопления 1

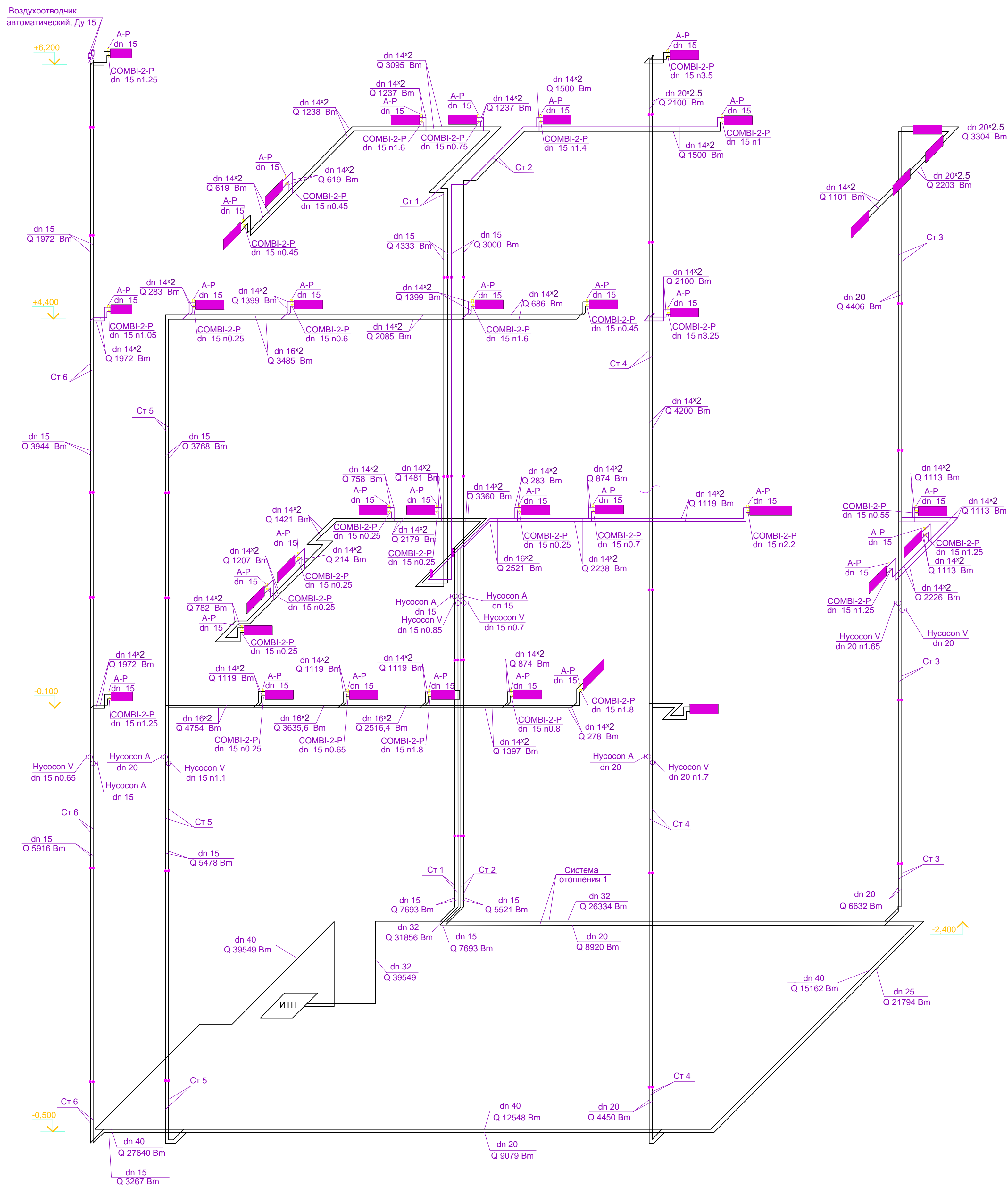
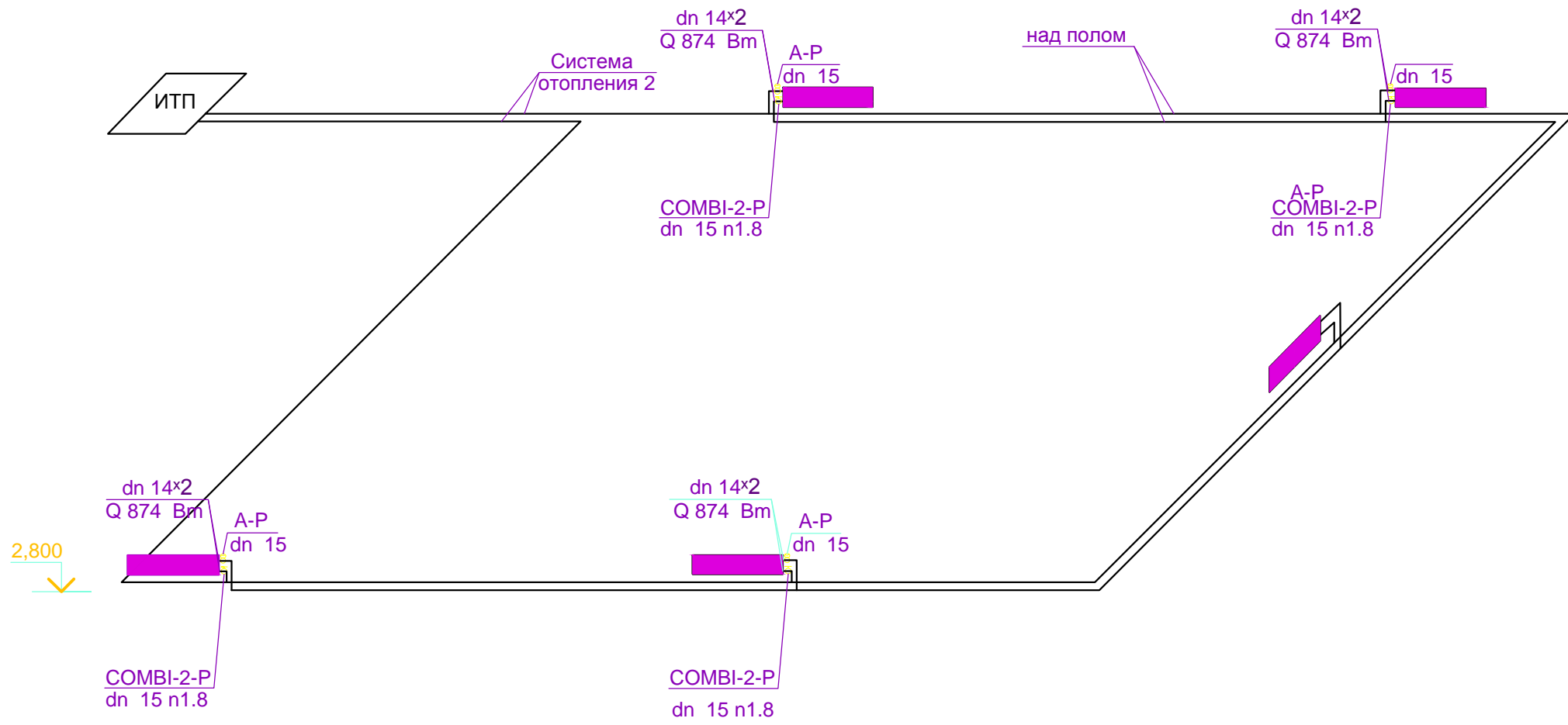


Схема системы отопления 2



					БР-08.03.01.00.05				
					Отопление кафе в г.Красноярск	Лит	Масса	Масштаб	
						Лист 3		Листов 4	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Аксонметрическая схема системы отопления 1,2	ИСЗиС			
Разраб.		Троева А.С.							
Пров.		Шмидт В.К.							
Н.контр.		Шмидт В.К.							
Утв.		Сакаш Г.В.							

Расчетные параметры

Тепловая мощность системы отопления	45851	Вт
Температурный график системы отопления	90/70	°C
Расход теплоносителя в системе отопления	2.04	м <sup>3</sup> /h
Гидравлическое сопротивление системы отопления	9.8	кПа
Статическое давление в системе отопления	0.08	МПа
Максимальное рабочее давление для системы отопления	0.20	МПа
Температурный график источника тепла	130/70	°C
Расход теплоносителя в контуре источника тепла	0.77	м <sup>3</sup> /h
Давление в подающем и обратном трубопроводах источника тепла	0.70-0.40	МПа

Тепломеханические решения

Подключение системы отопления к источнику тепла выполнено по независимой схеме с автоматическим качественным регулированием и насосной циркуляцией теплоносителя. Для нагрева 2.04 м3/ч теплоносителя циркулирующего в системе отопления с 70 С до 90 С, теплоносителем поступающим от источника тепла с расходом 0.77 м3/ч и температурой на входе 130 С, а на выходе 75 С - предусмотрена установка одного теплообменного аппарата Sondex ТПР.

Качественное регулирование теплопотребления обеспечено программируемым контроллером, который по сигналу датчика температуры наружного воздуха (tН), определяет необходимую температуру теплоносителя на входе в систему отопления, сравнивает её с фактической температурой измеренной датчиком (t11) и выдаёт управляющий сигнал регулирующему клапану Danfoss VB2 DN15 Kvs 1.00, изменяя расход греющего теплоносителя.

Ограничение расхода греющего теплоносителя, достигнуто за счёт соответствующей настройки регулятора Danfoss AVP DN15 kvs 4.00 автоматически поддерживающего перепад давления м.вод.ст на максимально открытом, клапане VB2 регулятора теплового потока.

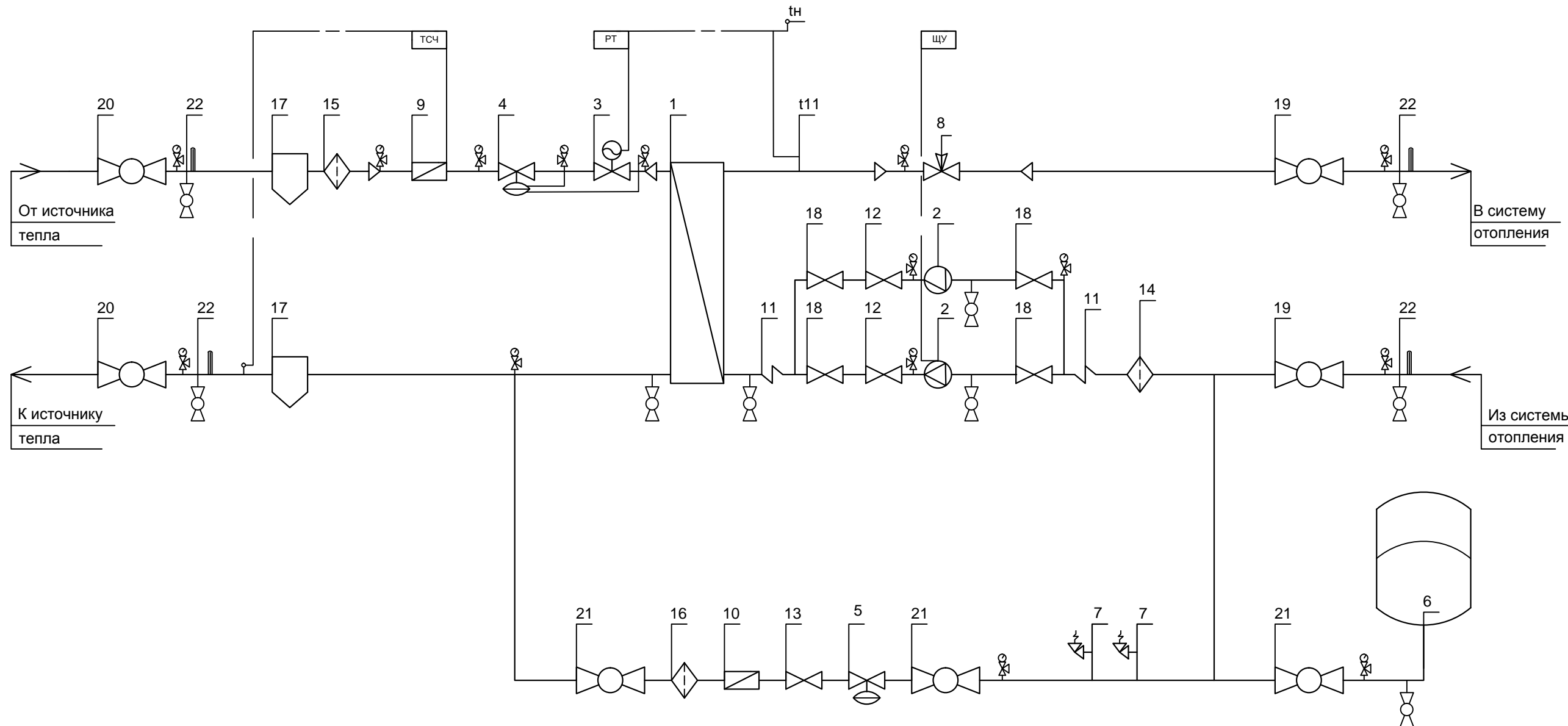
Учёт теплопотребления в системе отопления осуществлён счётчиком тепла Danfoss Sonometer 2000 Infocal 5, датчик расхода которого DN15 G Qn1.0 установлен на трубопроводе подачи теплоносителя от источника тепла, а датчики температуры в подающем и обратном трубопроводе.

Циркуляцию теплоносителя в системе отопления обеспечивают два насоса Wilo IL 32/140-0.25/4, один из которых резервный. Насосы IL 32/140-0.25/4, на расходе 2.04 м3/ч, создают напор 5.6 м.вод.ст подключаются к сети 400 В через щит управления ЩР-Б5 и потребляют 0.3 кВт.Щит управления ЩР-Б5 предназначен для включения резервного насоса в случае выхода из строя рабочего, а также для защиты насосов от сухого хода и тепловой перегрузки, а для трехфазных моделей и для защиты от перекоса фазных напряжений. Вывод насоса в рабочую точку с расходом 2.04 м3/ч, осуществлён за счёт настройки балансировочного клапана Danfoss MSV-BD DN2S Kvs 9.0.

Для компенсации приростов объёма нагреваемого теплоносителя в замкнутом контуре системы отопления предусмотрена установка расширительного бака Flamco Flexcon C 80 л, рассчитанного таким образом чтобы давление в системе отопления заполненной холодной водой было выше статического давления 0.8 бар, а при разогреве системы до расчётного режима 90/70 С не превышало максимального 2.0 бар. Для защиты системы от аварийного повышения давления предусмотрена установка двух предохранительно сбросных клапанов Danfoss 14BIS.

Заполнение и подпитка системы отопления осуществляется из обратного трубопровода источника тепла в автоматическом режиме, за счёт поддержания регулятором Danfoss AVD DN15 Kvs 4.00 давления 1.42 бар, в обратном трубопроводе системы отопления.

Принципиальная схема теплового пункта



Условные обозначения

— T1 —	Подающий трубопровод источника тепла		Кран шаровой
— T2 —	Обратный трубопровод источника тепла		Дисковой затвор "Баттерфляй"
— T11 —	Подающий трубопровод системы отопления		Обратный клапан
— T21 —	Обратный трубопровод системы отопления		Фильтр сетчатый
— — —	Соединительные провода (импульс. линии)		Грязевик
	Манометр + трехходовой клапан		Расходомер (датчик расхода)
	Термометр + закладная конструкция		Антивибрационная вставка
	Датчик температуры		Ручной балансировочный клапан
	Дренажный шаровой кран		Клапан с электроприводом
	Щит управления насосами		Циркуляционный насос
	Электронный регулятор		Регулятор давления/перепада давл.
	Вычислитель счетчика тепла		Предохранительный клапан

					БР-08.03.01.00.05				
					Индивидуальный тепловой пункт	Лит	Масса	Масштаб	
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата						
Разраб.	Трошев А.С.								
Пров.	Шmidt В.К.								
						Лист 4	Листов 4		
Н. контр.	Шmidt В.К.				Принципиальная схема индивидуального теплового пункта	ИСЗиС			
Утв.	Саваш Г.В.								

Приложение 1 . Таблица 3.5 - Расчет теплотерь через ограждающие конструкции

№  помещения,  наименование	Характеристика ограждения				Расчетная разность температур, °С				К,  Вт/ м² ·  °С	Дополнительные потери		$\Sigma\beta$	$Q_{\text{осн}},$ Вт	$Q_{\text{инф}},$ Вт	$Q_{\text{быт}},$ Вт	$Q_{\text{от}},$ Вт	
	Назван ие	Ориент ация	Размеры, м		Площ адь, F,м²	$t_{\text{в}}$	$t_{\text{н}}$	n		$(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n$	На ориента цию,%						Прочие ,%
			a,м	b,м													

План на отм. 0.000

Помещение уборочного инвентаря	нс	с	3,8	4,2	16,0	12	-37	1	49	0,247	10	15	1,25	242			
	нс	з	1,7	4,2	7,1	12	-37	1	49	0,247	5	15	1,20	103			
														527		231	758
Лестница 2	нс	з	5,4	4,2	22,7	16	-37	1	53	0,247	5	15	1,20	356			
	нс	з	7,1	6,3	44,7	16	-37	1	53	0,247	5	15	1,20	702			
	нс	с	3,8	6,3	23,9	16	-37	1	53	0,247	10	15	1,25	391			
	кров		3,8	7,1	27,0	16	-37	1	53	0,286	0	15	1,15	470			
	вс		6,9	3,1	21,4	16	5	1	11	0,247	0	0	1	58			
	вс		3,3	3,1	10,2	16	5	1	11	0,247	0	0	1	28			
														2005		1499	2100
Вестибюль	нс	з	7,2	4,2	16,2	16	-37	1	53	0,247	5	15	1,20	254			
	до	з	2,4	1,5	3,6	16	-37	1	53	1,82	5	15	1,20	417			
	до	з	4,2	2,2	9,2	16	-37	1	53	1,82	5	15	1,20	1065			
	нс	ю	3,4	4,2	9,5	16	-37	1	53	0,247	0	15	1,15	143			
	до	ю	1,4	3,4	4,8	16	-37	1	53	1,82	0	15	1,15	532			
														2411	495	433	3339
Тамбур	дд	ю	1,5	2,4	3,6	10	-37	1	47	0,49	0	342	4,42	366			
	до	ю			7,8	10	-37	1	47	1,82	0	15	1,15	767			
														1133	219	114	1466

Продолжение таблицы 3

Обеденный зал	нс	ю	2,1	4,2	8,8	16	-37	1	53	0,247	0	15	1,15	132			
	нс	з	3	9,8	6,7	16	-37	1	53	0,247	5	15	1,20	105			
	до	ю			22,7	16	-37	1	53	1,82	0	15	1,15	2518			
	нс	с	9,1	4,2	35,0	16	-37	1	53	0,247	10	15	1,25	573			
	до	с			3,2	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	385			
														3713	495	1388	5596
Коридор	нс	ю	1,7	4,2	5,0	16	-37	1	53	0,247	5	0	1,05	68			
	до	ю	1,0	2,1	2,2	16	-37	1	53	1,82	5	0	1,05	223			
	нс	ю	3,9	4,2	16,4	16	-37	1	53	0,247	5	0	1,05	225			
	до	ю	1,0	2,1	2,1	16	-37	1	53	1,82	5	0	1,05	213			
														729	495	257	1481
Догоотовочная	нс	ю	3,9	4,2	16,4	5	-37	1	42	0,247	0	15	1,15	196			
	нс	в	2,2	4,2	9,2	5	-37	1	42	0,247	10	15	1,25	119			
														315		256	571
Кладовая одноразовой посуды	нс	в	2,2	4,2	9,2	12	-37	1	49	0,247	10	0	1,1	122			
														122		92	214
Помещение пищевых отходов	нс	в	1,5	4,2	6,3	10	-37	1	47	0,247	10	0	1,1	80			
	до	в	0,8	0,8	0,6	10	-37	1	47	1,82	10	0	1,1	60			
														140	219	66	425
Лестница 1	нс	в	7,5	10,5	59,3	16	-37	1	53	0,247	10	15	1,25	970			
	нс	с	3,5	10,5	36,8	16	-37	1	53	0,247	10	15	1,25	602			
	дд	в	1,0	2,4	2,4	16	-37	1	53	0,49	10	15	1,25	78			
	дд	в	1,3	2,4	3,2	16	-37	1	53	0,49	10	15	1,25	386			
	до	в	1,3	3,3	4,3	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	518			
	до	в	1,0	6,9	7,2	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	868			
	до	в	1,3	1,8	2,3	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	277			
	зона1		11	2,0	22,7	16	-37	1	53	0,47	0	0	1	565			
	зона2		8,0	2,0	16,0	16	-37	1	53	0,23	0	0	1	195			
	кровл		3,5	7,6	26,5	16	-37	1	53	0,286	0	15	1,15	462			
	вс		3,2	3,1	9,9	16	5	1	11	0,247	0	15	1,15	31			

Продолжение таблицы 3

	вс	с	2,7	3,1	8,4	16	5	1	11	0,247	0	15	1,15	26			
															4978	743	195
Комната персонала	нс	с	5,6	4,2	22,4	18	-37	1	55	0,247	10	0	1,1	1230			
	до	с	0,9	0,9	1,1	18	-37	1	55	1,82	10	0	1,1	121			
															1351	257	235
Женский санузел	нс	с	3	4,2	12,6	16	-37	1	53	0,247	10	0	1,1	181			
															181		97
Загрузочная	нс	в	2,3	4,2	9,7	10	-37	1	47	0,247	10	0	1,1	124			
	ДД	в	1,3	2,4	3,2	10	-37	1	47	0,49	10	0	1,1	81			
	до	в	1,3	1,7	2,2	10	-37	1	47	1,82	10	0	1,1	207			
															412	219	151
План на отм. +4.500																	
Холл	нс		7,3	3,3	13,6	16	-37	1	53	0,247	10	15	1,25	222			
	до		1,0	3,3	3,4	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	410			
	до		1,8	2,5	4,4	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	530			
	до		1,0	2,4	2,5	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	301			
	нс		6,3	3,3	7,0	16	-37	1	53	0,247	10	15	1,25	114			
	до		1,4	3,3	4,7	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	567			
	ДД		1,5	2,4	3,6	16	-37	1	53	0,49	10	15	1,25	117			
	до				5,3	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	639			
															2900	991	445
Банкетный зал	нс		2,2	3,3	7,4	16	-37	1	53	0,247	10	15	1,25	121			
	нс		12	3,3	19,0	16	-37	1	53	0,247	10	15	1,25	311			
	до				20,9	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	2520			
	до		0,8	0,8	0,6	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	72			
	нс		12	3,3	39,6	16	-37	1	53	0,247	10	15	1,25	648			
															3672	495	1831
Гардеробная	нс		6,8	3,3	10,0	16	-37	1	53	0,247	10	15	1,25	163			
	до		4,9	2,5	12,3	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	1483			
	нс		4,1	3,3	13,6	16	-37	1	53	0,247	10	15	1,25	222			
															1868	247	359

Продолжение таблицы 3

Помещение уборочного инвентаря	нс		3,0	3,3	9,9	12	-37	1	49	0,247	10	0	1,1	132			
	до		2,8	0,9	2,5	12	-37	1	49	1,82	10	0	1,1	245			
														376	229	81	686
Админи- страция	нс		4,4	3,3	7,8	18	-37	1	55	0,247	10	0	1,1	116			
	до		2,5	1,3	3,3	18	-37	1	55	1,82	10	0	1,1	363			
	до		2,5	1,3	3,3	18	-37	1	55	1,82	10	0	1,1	363			
														842	257	139	1238
Подсобка	нс		2,7	3,3	9,0	12	-37	1	49	0,247	10	15	1,25	136			
														136		147	283
План на отм. -3.000																	
Техническое подполье	Зона1		63, 4	2,0	126,8	5	-37	1	42	0,47	0	15	1,15	2878			
	Зона2		63, 4	2,0	126,8	5	-37	1	42	0,23	0	15	1,15	1408			
	Зона3		49, 9	2,0	99,8	5	-37	1	42	0,12	0	15	1,15	578			
	Зона4		22, 9	2,0	45,8	5	-37	1	42	0,07	0	15	1,15	155			
														5019		2218	7237
План на отм. 8.100																	
Вытяжная венткамера	нс		3,2	3,1	8,5	16	-37	1	53	0,247	10	15	1,25	139			
	до		1,2	1,2	1,4	16	-37	1	53	1,82	10	15	1,25	169			
	кров		3,2	5,4	17,3	16	-37	1	53	0,286	10	15	1,25	327			
	вс		4,9	3,1	15,2	16	5	1	11	0,247	0	15	1,15	47			
	вс		2,9	3,1	9,0	16	5	1	11	0,247	0	15	1,15	28			
														710	247	135	1092
Всего														33540			4585 1



Приложение 2. Таблица 5.1 – Расчет и подбор отопительных приборов

№ стояка	№ прибора	$q_{пр}$ , Вт	G, кг/ч	$\Delta t_{ср}$ , °C	$\varphi$	$q_{э}$ , Вт/экм	$F_{э}$ , экм	$F_p$ , экм	$\beta_2$	N,шт
1	1	214	9,2	69,35	1	592,4	0,36	0,54	1	2
	2	758	202,1	67,3	1	569,4	1,4	1,2	1	5
	3	425	204	64,79	1	541,5	0,8	1,07	1	4
	4	782	204	62,24	1	513,6	1,5	1,2	1	4
	5	1237	213	58,09	1	479,5	2,6	3,13	1	11
	6	1237	203,4	53	1	415,4	3	3,13	1	11
	7	619	202,6	49	1	374,5	1,6	1,57	1	5
	8	619	206,4	46,4	1	348,5	1,8	1,57	1	5
2	1	283	188,7	69,15	1	590,13	0,5	0,7	1	2
	2	1119	188,3	65,9	1	553,9	2	3	1	10
	3	1119	157,4	60,8	1	498	2,5	3	1	10
	4	1499	170,3	54,84	1	434,5	3,4	3,8	1	13
	5	1499	190	33,04	1	222,6	6,4	3,8	1	13
3	1	1113	267,1	63,7	1	529,5	2,1	2,8	1	9
	2	1113	273,9	60,15	1	490,9	2,3	2,8	1	9
	3	1113	273,9	56,65	1	453,6	2,5	2,8	1	9
	4	1101	271	53,15	1	417	2,6	2,8	1	9
	5	1101	271	49,65	1	381	2,9	2,8	1	9

3	6	1101	271	46,15	1	346	3,2	2,8	1	9
	7	1101	271	42,65	1	312	3,5	2,8	1	9
4	1	686	96,8	60,85	1	498,5	1,4	1,7	1	6
	2	2100	96,3	48,4	1	368,5	5,7	5,3	1	18
5	1	1843	331,7	59,6	1	485	3,8	4,7	1	16
	2	1119	335,7	55,75	1	444	2,5	2,8	1	9
	3	1119	335,7	52,85	1	413,8	2,7	2,8	1	9
	4	1119	335,7	79,95	1	384,1	2,9	2,8	1	9
	5	278	345,1	48,15	1	366	0,7	0,7	1	2
	6	283	351,3	47,45	1	359	0,8	0,7	1	2
	7	1499	331	45,15	1	336,2	4,5	3,8	1	12
	8	1499	331	41,25	1	298,4	5	3,8	1	12
	9	758	326,4	38,3	1	270,5	2,8	2	1	7
6	1	2972	407,6	55,75	1	444	13,3	14,9	1	18
	2	2972	407,6	43,1	1	316,2	18,7	14,9	1	18



Приложение 3. Таблица 6.1 - Гидравлический расчет

№ участка	Q, Вт	G, кг/ч	G, кг/с	l, м	мест.сопрот.	$\Sigma \xi$	$\omega$ , м/с	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\gamma$ , м <sup>2</sup> /с	dy, м	dn x S, мм	dv, м	$\omega$ , м/с	Re	режим дв. жид.	$\lambda$	Sg, с <sup>2</sup> ·м/кг <sup>2</sup>	$\Delta P$ , м
подводки к НП																		
8-8'	1481	229,2	0,06	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвижка (0,5)	2,5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,01	21,3 × 2,8	0,0157	0,3	12700	турбул.	0,055	6,857	0,028
9-9'	758	117,3	0,04	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвижка (0,5)	2,5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,01	21,3 × 2,8	0,0157	0,2	6500	турбул.	0,055	6,857	0,007
10-10'	214	33,12	0,0092	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвижка (0,5)	2,5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,25	21,3 × 2,8	0,0157	0,2	1835,2	турбул.	0,055	6,857	0,001
11-11'	425	65,8	0,02	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвижка (0,5)	2,5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,35	21,3 × 2,8	0,0157	0,1	3644,7	турбул.	0,055	6,857	0,002
12-12'	782	121	0,03	0,8	тр.при разв.потока на проходе	2,5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,47	21,3 × 2,8	0,0157	0,4	6706	турбул.	0,055	6,857	0,032

					(1),отвод(1), задвижка (0,5)													
13- 13'	1237	191,4	0,05	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвижка (0,5)	2, 5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	1060 8	турбул.	0,055	6,857	0,01 9
14- 14'	1237	191,4	0,05	0,8	тр.при разв.потока на проходе, задвижка (0,5)	2, 5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	1060 8	турбул.	0,055	6,857	0,01 9

Продолжение таблицы 6.1

					(1),отвод (1)													
15-15'	619	95,8	0,03	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвижка (0,5)	2, 5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,4 2	21,3 ×2,8	0,015 7	0,1	5308, 5	турбул.	0,055	6,857	0,01 2
16-16'	619	95,8	0,03	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвижка (0,5)	2, 5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,4 2	21,3 ×2,8	0,015 7	0,1	5308, 5	турбул.	0,055	6,857	0,01 2
18-18'	283	43,8	0,01	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвижка	2, 5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,3	21,3 ×2,8	0,015 7	0,1	2427	турбул.	0,055	6,857	0,00 1

					(0,5)													
19-19'	1119,2	173,2	0,05	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвигка (0,5)	2,5	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,6	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	9598,1	турбул.	0,055	6,857	0,016
20-20'	1119,2	173,2	0,05	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод (1) , задвигка (0,5)	2,5	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,6	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	9598,1	турбул.	0,055	6,857	0,016
21-21'	1500	232,2	0,06	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвигка (0,5)	2,5	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,7	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	12683,8	турбул.	0,055	6,857	0,029
22-22'	1500	232,2	0,06	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвигка (0,5)	2,5	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,7	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	12683,8	турбул.	0,055	6,857	0,029
24-24'	1113	172,3	0,05	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвигка (0,5)	2,5	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,56	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	9544,9	турбул.	0,055	6,857	0,016
25-25'	1113	172,3	0,05	0,8	тр.при разв.потока	2,5	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,56	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	9544,9	турбул.	0,055	6,857	0,016

					на проходе (1),отвод(1), задвижка (0,5)				10 <sup>-6</sup>									
26- 26'	1113	172,3	0,05	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвижка (0,5)	2, 5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,5 6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	9544, 9	турбул.	0,055	6,857	0,01 6
32- 32'	686	106,2	0,03	4,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 4 шт х (1), задвижка (0,5)	6	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,4 4	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	5883	турбул.	0,055	9,705	0,00 8
34- 34'	2100	325,0 2	0,09	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод(1), задвижка (0,5)	2, 5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,7 7	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	1800 9,3	турбул.	0,055	9,705	0,07 9
37- 37'	1843	285,3	0,08	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 2шт (1), задвижка (0,5)	3, 5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,7 2	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	1580 5,3	турбул.	0,055	9,705	0,04 3
38- 38'	1119 ,2	173,2	0,05	0,8	тр.при разв.потока на проходе	3, 5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,5 7	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	9598, 1	турбул.	0,055	9,705	0,01 6

					(1),отвод 2шт(1)													
39- 39'	1119 ,2	173,2	0,05	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 2шт (1) , задвигка (0,5)	3, 5	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,5 7	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	9598, 1	турбул.	0,055	9,705	0,01 6
40- 40'	1119 ,2	173,2	0,05	0,8	тр.при разв.потока на проходе, задвигка (0,5)	2, 5	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,5 7	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	9598, 1	турбул.	0,055	9,705	0,01 6

Продолжение таблицы

					(1),отвод (1)													
41- 41'	278	43,03	0,02	0,8	отвод 2шт(1) , задвигка (0,5)	2, 5	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,2 8	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	2384, 1	турбул.	0,055	9,705	0,00 1
42- 42'	283	43,8	0,01	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод (1) , задвигка (0,5)	2, 5	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,2 8	21,3 ×2,8	0,015 7	0,1	2427	турбул.	0,055	9,705	0,00 1
43- 43'	1399 ,5	216,6	0,06	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод (1) , задвигка (0,5)	2, 5	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	1,6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	1200 1,9	турбул.	0,055	9,705	0,02 5
44-	1399	216,6	0,06	0,8	тр.при	2,	0,7	977,8	0,416	0,6	21,3	0,015	0,3	1200	турбул.	0,055	9,705	0,02

44'	,5				разв.потока на проходе (1),отвод (1) , задвижка (0,5)	5			$\cdot 10^{-6}$	3	$\times 2,8$	7		1,9				5
45- 45'	686	106,2	0,03	0,8	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод (1) , задвижка (0,5)	2, 5	0,7	977,8	0,416 $\cdot 10^{-6}$	0,4 4	21,3 $\times 2,8$	0,015 7	0,2	5883	турбул.	0,055	9,705	0,00 6
46- 46'	1972	305,2	0,08	1	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 2 шт (1) , задвижка (0,5)	3, 5	0,7	977,8	0,416 $\cdot 10^{-6}$	0,4 4	21,3 $\times 2,8$	0,015 7	0,4	1691 1,6	турбул.	0,055	9,705	0,04 9
47- 47'	1972	305,2	0,08	1	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 2 шт (1) , задвижка (0,5)	3, 5	0,7	977,8	0,416 $\cdot 10^{-6}$	0,4 4	21,3 $\times 2,8$	0,015 7	0,4	1691 1,6	турбул.	0,055	9,705	0,04 9

Продолжение таблицы

48- 48'	1972	305,2	0,08	1	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 2 шт (1) , задвижка (0,5)	3, 5	0,7	977,8	0,416 $\cdot 10^{-6}$	0,4 4	21,3 $\times 2,8$	0,015 7	0,4	1691 1,6	турбул.	0,055	9,705	0,04 9
------------	------	-------	------	---	---	---------	-----	-------	--------------------------	----------	----------------------	------------	-----	-------------	---------	-------	-------	-----------

обр																		
49-49'	1481	229,2	0,06	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2),вентиль (6)	10,2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,01	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	12700	турбул.	0,055	6,857	0,028
50-50'	758	117,3	0,04	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2),вентиль (6)	10,2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,01	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,2	6500	турбул.	0,055	6,857	0,007
51-51'	214	33,12	0,0092	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2),вентиль (6)	10,2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,25	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,2	1835,2	турбул.	0,055	6,857	0,001
52-52'	425	65,8	0,02	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2),вентиль (6)	10,2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,35	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,1	3644,7	турбул.	0,055	6,857	0,002

Продолжение таблицы

53-53'	782	121	0,03	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2) ,вентиль (6)	10,2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,47	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,4	6706	турбул.	0,055	6,857	0,032
54-54'	1237	191,4	0,05	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2) ,вентиль (6)	10,2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,6	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	10608	турбул.	0,055	6,857	0,019
55-55'	1237	191,4	0,05	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2) ,вентиль (6)	10,2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,6	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	10608	турбул.	0,055	6,857	0,019
56-56'	619	95,8	0,03	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе	10,2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,42	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,1	5308,5	турбул.	0,055	6,857	0,012



					(1,2) ,вентиль (6)													
57-57'	619	95,8	0,03	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2) ,вентиль (6)	10 ,2	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,4 2	21,3 ×2,8	0,015 7	0,1	5308, 5	турбул.	0,055	6,857	0,01 2

Продолжение таблицы

59-59'	283	43,8	0,01	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2) ,вентиль (6)	10 ,2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,3	21,3 ×2,8	0,015 7	0,1	2427	турбул.	0,055	6,857	0,00 1
60-60'	1119 ,2	173,2	0,05	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2) ,вентиль (6)	10 ,2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	9598, 1	турбул.	0,055	6,857	0,01 6
61-61'	1119 ,2	173,2	0,05	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток	10 ,2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	9598, 1	турбул.	0,055	6,857	0,01 6

					а на проходе (1,2) ,вентиль (6)													
62- 62'	1500	232,2	0,06	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2) ,вентиль (6)	10 ,2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,7	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	1268 3,8	турбул.	0,055	6,857	0,02 9
63- 63'	1500	232,2	0,06	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2) ,вентиль (6)	10 ,2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,7	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	1268 3,8	турбул.	0,055	6,857	0,02 9

Продолжение таблицы

70- 70'	1113	172,3	0,05	0,8	радиатор (2),отвод 2шт (1),тр.при слиян.поток а на проходе (1,2) ,вентиль (6)	11 ,2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,5 6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	9544, 9	турбул.	0,055	6,857	0,01 6
71- 71'	1113	172,3	0,05	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при	10 ,2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,5 6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	9544, 9	турбул.	0,055	6,857	0,01 6

					слиян.поток а на проходе (1,2) ,вентиль (6)													
72- 72'	1113	172,3	0,05	0,8	радиатор (2),отвод(1), тр.при слиян.поток а на проходе (1,2) ,вентиль (6)	10 ,2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,5 6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	9544, 9	турбул.	0,055	6,857	0,01 6
75- 75'	686	106,2	0,03	4,8	радиатор (2),отвод 2шт(1),тр.пр и слиян.поток а на проходе (1,2) ,вентиль (6)	11 ,2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,4 4	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	5883	турбул.	0,055	9,705	0,00 8
77- 77'	2100	325,0 2	0,09	0,8	радиатор (2),отвод 3 шт(1),тр.пр и слиян.	12 ,2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,7 7	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	1800 9,3	турбул.	0,055	9,705	0,07 9

Продолжение таблицы

					потока на проходе (1,2) ,вентиль (6)													
79- 79'	2100	325,0 2	0,09	0,8	радиатор (2),отвод 3	12 ,2	0,7	977,8	0,416 ·	0,7 7	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	1800 9,3	турбул.	0,055	9,705	0,07 9

					шт(1),тр.пр и слиян. потока на проходе (1,2) ,вентиль (6)				$10^{-6}$									
81- 81'	1843	285,3	0,08	0,8	радиатор (2),отвод 2 шт(1),тр.пр и слиян. потока на проходе (1,2) ,вентиль (6)	11 ,2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$21,3 \cdot 10^{-6}$	$0,015 \cdot 10^{-6}$	0,2	1580 5,3	турбул.	0,055	9,705	0,04 3
82- 82'	1119 ,2	173,2	0,05	0,8	радиатор (2),отвод 2 шт(1),тр.пр и слиян. потока на проходе (1,2) ,вентиль (6)	11 ,2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$21,3 \cdot 10^{-6}$	$0,015 \cdot 10^{-6}$	0,2	9598, 1	турбул.	0,055	9,705	0,01 6
83- 83'	1119 ,2	173,2	0,05	0,8	радиатор (2),отвод 2 шт(1),тр.пр и слиян. потока на проходе (1,2) ,вентиль (6)	11 ,2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$21,3 \cdot 10^{-6}$	$0,015 \cdot 10^{-6}$	0,2	9598, 1	турбул.	0,055	9,705	0,01 6
84- 84'	1119 ,2	173,2	0,05	0,8	радиатор (2),отвод 2 шт(1),тр.пр	11 ,2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$21,3 \cdot 10^{-6}$	$0,015 \cdot 10^{-6}$	0,2	9598, 1	турбул.	0,055	9,705	0,01 6

					и слиян. потока на проходе (1,2) ,вентиль (6)													
85- 85'	278	43,03	0,02	0,8	радиатор (2),отвод 2 шт(1) ,вентиль (6)	10	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,2 8	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	2384, 1	турбул.	0,055	9,705	0,00 1
86- 86'	283	43,8	0,01	0,8	радиатор (2),тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 2шт (1) ,вентиль (6)	11	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,2 8	21,3 ×2,8	0,015 7	0,1	2427	турбул.	0,055	9,705	0,00 1
87- 87'	1399 ,5	216,6	0,06	0,8	радиатор (2),тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 2шт (1) ,вентиль (6)	11	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	1,6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	1200 1,9	турбул.	0,055	9,705	0,02 5
88- 88'	1399 ,5	216,6	0,06	0,8	радиатор (2),тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 2шт (1) ,вентиль (6)	11	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	1,6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	1200 1,9	турбул.	0,055	9,705	0,02 5
89- 89'	686	106,2	0,03	0,8	радиатор (2),отвод 2 шт (1)	10	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,4 4	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	5883	турбул.	0,055	9,705	0,00 6

92-92'	1972	305,2	0,08	1	радиатор (2),тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 2шт (1) ,вентиль (6)	11	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,4 4	21,3 ×2,8	0,015 7	0,4	1691 1,6	турбул.	0,055	9,705	0,04 9
93-93'	1972	305,2	0,08	1	радиатор (2),тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 2шт (1) ,вентиль (6)	11	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,4 4	21,3 ×2,8	0,015 7	0,4	1691 1,6	турбул.	0,055	9,705	0,04 9
94-94'	1972	305,2	0,08	1	радиатор (2),тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 2шт (1) ,вентиль (6)	11	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,4 4	21,3 ×2,8	0,015 7	0,4	1691 1,6	турбул.	0,055	9,705	0,04 9
Стояки																		
Стояк 1	7693																	
15-16	619	95,8	0,03	2,9	-	-	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,4 2	21,3 ×2,8	0,015 7	0,1	5308, 5	турбул.	0,055	0,22	0,00 02
14-15	1238	191,6	0,05	6,9	отвод (1)	1	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,2	1061 6,9	турбул.	0,055	6,857	0,01 9
13-14	3095	479	0,13	2,9	-	-	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,3	1060 8	турбул.	0,055	6,857	0,01 9

7-13	4333	670,6	0,19	11	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 5шт (1)	6	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,6	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,2	17678	турбул.	0,055	6,857	0,025
11-12	782	121	0,03	4	отвод 3шт (1)	3	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,47	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,1	3190,6	турбул.	0,055	6,857	0,000
10-11	1207	186,8	0,05	2	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,58	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,1	4924,6	турбул.	0,055	6,857	0,000
9-10	1421	219,9	0,06	5,5	отвод 3шт (1)	3	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,63	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	12186	турбул.	0,055	6,857	0,026
8-9	2179	337,3	0,09	2	тр.при разв.потока на проходе (1)	1	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,78	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,5	18686	турбул.	0,055	6,857	0,060
7-8	3360	520	0,14	3	отвод 1шт (1)	1	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,9	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,8	28814,9	турбул.	0,055	6,857	0,143
Сто як 2	5521,4																	
22-21	1500	232,2	0,06	11,7	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,65	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	12863,8	турбул.	0,055	6,857	0,029
17-21	1500	232,2	0,06	6,5	отвод 2шт (1)	2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,65	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	12863,8	турбул.	0,055	6,857	0,029
19-20	1119,2	173,2	0,05	11,7	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,56	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	9596,4	турбул.	0,055	6,857	0,016
18-	2238	346,4	0,1	3,9	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,8	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,4	1919	турбул.	0,055	6,857	0,06

19	,4								$\cdot 10^{-6}$		$\times 2,8$	7		2,2				3
17-18	2521,4	390,2	0,1	3	тр.при разв.потока на проходе (1),отвод 1шт (1)	2	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,8 4	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,6	2162 1,5	турбул.	0,055	6,857	0,08 1
Сто як 3	6632																	
23-25	1113	172,3	0,05	2,5	отвод 1шт (1)	1	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,5 6	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	9544, 9	турбул.	0,055	6,857	0,01 6
25-26	2226	344,5	0,09	2,5	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,8	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,5	1908 9,9	турбул.	0,055	6,857	0,06 3
29-30	1101,5	170,5	0,05	2,5	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,5 6	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	9442	турбул.	0,055	6,857	0,01 5
28-29	2203	341	0,09	2	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,7 9	$26,8 \times 2,8$	$0,0157$	0,5	1889 2,6	турбул.	0,055	6,857	0,06 2
27-28	3304,5	511,4	0,14	2	отвод 1шт (1)	1	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,9 7	$26,8 \times 2,8$	$0,0157$	0,8	2833 4,6	турбул.	0,055	6,857	0,13 8
23-27	4406	681,9	0,2	4,2	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	1,1 2	$26,8 \times 2,8$	$0,0157$	1,0	3778 5,2	турбул.	0,055	6,857	0,24 6
Сто як 4	4540																	
34-35	2100	325	0,09	4,2	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,7 7	$26,8 \times 2,8$	$0,0157$	0,5	1800 9	турбул.	0,055	6,857	0,05 6
31-	4200	650	0,18	4,2	-	-	0,7	977,8	0,416	1,0	26,8	0,015	1,0	3601	турбул.	0,055	6,857	0,22



33									$\cdot 10^{-6}$	9	$\times 2,8$	7		8,6				4
Сто як 5	9246 ,6																	
40- 41	278	43	0,01	2	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,2 8	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,1	2384, 1	турбул.	0,055	6,857	0,00 1
39- 40	1397 ,2	216,2	0,06	2	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,6 3	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,3	1198 0,5	турбул.	0,055	6,857	0,02 5
38- 39	2516 ,4	389,5	0,1	2	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,8 4	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,6	2157 6,9	турбул.	0,055	6,857	0,08 0
37- 38	3635 ,6	562,7	0,16	2	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	1,0 1	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,8	3517 3,2	турбул.	0,055	6,857	0,16 7
36- 37	5478 ,6	847,9	0,2	2	тр.при разв.потока на проходе (1)	1	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	1,2 5	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	1,3	4551, 3	турбул.	0,055	6,857	0,42 3
44- 45	686	106,2	0,03	2	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,4 3	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,2	5383	турбул.	0,055	6,857	0,00 6
43- 44	2085 ,5	322,7	0,09	11,7	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,7 7	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,5	1788 0,7	турбул.	0,055	6,857	0,05 5
42- 43	3485	539,4	0,15	2	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,9 9	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,8	2988 6,5	турбул.	0,055	6,857	0,15 4
36- 42	3768	583,1	0,16	4,8	отвод 1шт (1)		0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,9 9	$21,3 \times 2,8$	$0,0157$	0,9	3231 3,8	турбул.	0,055	6,857	0,18 0

Сто як 6	5916																	
47- 48	1972	305,2	0,08	3,75	-	-	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,7 4	21,3 ×2,8	0,015 7	0,4	1691 1,6	турбул.	0,055	6,857	0,04 9
46- 47	3944	610,4	0,17	4,5	-	-				1,0 6	21,3 ×2,8	0,015 7	0,9	3382 3,8	турбул.	0,055	6,857	0,19 7
6-46	5916	915,6	0,25	3	тр.при разв.потока на проходе (1)	1	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	1,2 9	21,3 ×2,8	0,015 7	1,3	5073 4,8	турбул.	0,055	6,857	0,44 4
Магистраль																		
0-1	3954 9	6121	1,7	3,9	котел (2),задвижк а (0,5),клапан регул. (6), отвод 2шт (1)	9	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,0 6	38 х 2,5	0,033	2,0	1613 61	турбул.	0,046	0,718	2,07 6
1-2	3185 6	4930, 4	1,4	1	тр.при разв.потока на проходе (1)	1	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,3	38 х 2,5	0,033	1,6	1299 73	турбул.	0,046	0,369	0,69 2
2-3	2633 4,6	4075, 8	1,13	19,5	тр.при разв.потока на проходе (1)	1	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,2	33,5 х3,2	0,033	1,4	1074 46	турбул.	0,046	0,572	0,73 4
3-4	2179 4,1	3373, 1	0,94	22,9	тр.при разв.потока на проходе (1), отвод 2шт (1)	3	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,2	26,8 х2,8	0,021 2	1,3	1040 14	турбул.	0,046	0,296	0,35 6
4-5	1254	1942	0,54	27,3	-	-	0,7	977,8	0,416	0,2	21,3	0,021	2,7	1384	турбул.	0,051	2,880	2,52

	8								$\cdot 10^{-6}$		x2,8	2		13				8
5-6	6632	1026,5	0,28	3,9	тр.при разв.потока на проходе (1)	1	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,1	45 x2,5	0,033	1,6	7969 2	турбул.	0,051	8,174	2,37 9
обр																		
96-95	6632	1026,5	0,28	3,9	тр.при разв.потока на проходе (1)	1	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,1	45 x2,5	0,033	1,6	7969 2	турбул.	0,051	8,174	2,37 9
95-91	12548	1942	0,54	27,3	-	-	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,2	21,3 x2,8	0,021 2	2,7	1384 13	турбул.	0,051	2,880	2,52 8
91-80	21794,1	3373,1	0,94	22,9	тр.при разв.потока на проходе (1), отвод 2шт (1)	3	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,2	26,8 x2,8	0,021 2	1,3	1040 14	турбул.	0,046	0,296	0,35 6
80-74	26334,6	4075,8	1,13	19,5	тр.при разв.потока на проходе (1)		0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,2	33,5 x3,2	0,033	1,4	1074 46	турбул.	0,046	0,572	0,73 4
74-65	31856	4930,4	1,4	1	тр.при разв.потока на проходе (1)	1	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,2	38 x 2,5	0,033	1,6	1299 73	турбул.	0,046	0,369	0,69 2
65-96	39549	6121	1,7	3,9	котел (2),задвижка (0,5),клапан регул. (6), отвод 2шт	9	0,7	977,8	$0,416 \cdot 10^{-6}$	0,06	38 x 2,5	0,033	2,0	1613 61	турбул.	0,046	0,718	2,07 6

					(1)													
Схема отопления 2																		
0-1	874	135,2 7	0,03 7	7,8	котел (2), задвижка (0,5), клапан регул. (6)	8, 5	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,0 1	21,3 x2,8	0,033	0,0	3565, 9	турбул.	0,046	0,048	0,00 1
1-2	1748	270,5	0,07 5	11,7	тр.при разв. потока на проходе (1)	1	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,0 1	21,3 x2,8	0,033	0,1	7131, 9	турбул.	0,046	0,043	0,00 2
2-3	2622	405,8	0,11	10,4 5	тр.при разв. потока на проходе (1), отвод (1)	2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,0 1	21,3 x2,8	0,033	0,1	1069 7,8	турбул.	0,046	0,057	0,00 7
3-4	3496	541	0,15	11,4 5	тр.при разв. потока на проходе (1), отвод (1)	2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,0 2	21,3 x2,8	0,033	0,2	1426 3,8	турбул.	0,046	0,045	0,00 7
4-5	4370	676,3	0,19	15,6	тр.при разв. потока на проходе (1)	1	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,0 2	21,3 x2,8	0,021 2	0,5	2775 3,8	турбул.	0,051	0,062	0,10 2
обр																		
6-7	4370	676,3	0,19	15,6	тр.при разв. потока на проходе (1)	1	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,0 2	21,3 x2,8	0,021 2	0,5	2775 3,8	турбул.	0,051	0,062	0,10 2
7-8	3496	541	0,15	11,4 5	тр.при разв. потока на проходе	2	0,7	977,8	0,416 · $10^{-6}$	0,0 2	21,3 x2,8	0,033	0,2	1426 3,8	турбул.	0,046	0,045	0,00 7

					(1), отвод (1)													
8-9	2622	405,8	0,11	10,4 5	тр.при разв.потока на проходе (1), отвод (1)	2	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,0 1	21,3 x2,8	0,033	0,1	1069 7,8	турбул.	0,046	0,057	0,00 7
9-10	1748	270,5	0,07 5	11,7	тр.при разв.потока на проходе (1)	1	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,0 1	21,3 x2,8	0,033	0,1	7131, 9	турбул.	0,046	0,043	0,00 2
10- 11	874	135,2 7	0,03 7	7,8	котел (2),задвижк а (0,5),клапан регул. (6)	8, 5	0,7	977,8	0,416 · 10 <sup>-6</sup>	0,0 1	21,3 x2,8	0,033	0,0	3565, 9	турбул.	0,046	0,048	0,00 1

# Приложение 4. Аксонометрическая схема системы отопления 1,2.

